

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE27.06.03  
#2

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日      2 0 0 2 年   7 月 1 2 日  
Date of Application:

出 願 番 号      特 願 2 0 0 2 - 2 0 4 7 2 7  
Application Number:  
[ST. 10/C] :      [ J P 2 0 0 2 - 2 0 4 7 2 7 ]

出 願 人      オムロン株式会社  
Applicant(s):

REC'D 15 AUG 2003

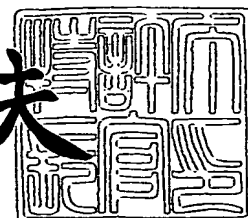
WIPO      PCT

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 3 年   8 月   1 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



BEST AVAILABLE COPY

出証番号   出証特 2 0 0 3 - 3 0 6 1 4 3 4

【書類名】 特許願

【整理番号】 02P00471

【提出日】 平成14年 7月12日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 26/02

【発明者】

【住所又は居所】 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町 8 0 1  
番地 オムロン株式会社内

【氏名】 今井 清

【発明者】

【住所又は居所】 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町 8 0 1  
番地 オムロン株式会社内

【氏名】 福田 一喜

【発明者】

【住所又は居所】 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町 8 0 1  
番地 オムロン株式会社内

【氏名】 仲西 陽一

【発明者】

【住所又は居所】 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町 8 0 1  
番地 オムロン株式会社内

【氏名】 田中 宏和

【発明者】

【住所又は居所】 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町 8 0 1  
番地 オムロン株式会社内

【氏名】 大西 徹也

**【特許出願人】**

**【識別番号】** 000002945  
**【住所又は居所】** 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町 8 0 1  
番地  
**【氏名又は名称】** オムロン株式会社  
**【代表者】** 立石 義雄

**【代理人】**

**【識別番号】** 100094019  
**【住所又は居所】** 大阪府大阪市中央区谷町 1 丁目 3 番 5 号 オグラ天満橋  
ビル  
**【弁理士】**  
**【氏名又は名称】** 中野 雅房  
**【電話番号】** (06)6910-0034

**【手数料の表示】**

**【予納台帳番号】** 038508  
**【納付金額】** 21,000円

**【提出物件の目録】**

**【物件名】** 明細書 1  
**【物件名】** 図面 1  
**【物件名】** 要約書 1  
**【包括委任状番号】** 9800457

**【プルーフの要否】** 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 可変光減衰器

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 入力用光伝送路と、出力用光伝送路と、入力用光伝送路から出射された光を出力用伝送路に向けて反射させる光反射面と、前記光反射面を直線状に移動させるアクチュエータとを備えた可変光減衰器。

【請求項 2】 前記出力用光伝送路に入射しない光を受光するモニター部を備えた、請求項 1 に記載の可変光減衰器。

【請求項 3】 前記出力用光伝送路の光入射面に対向させて配置された入射レンズと、前記モニター部の光入射面に対向させて配置されたモニターレンズとを一体化した、請求項 2 に記載の可変光減衰器。

【請求項 4】 前記アクチュエータは、ボイスコイルモータとラッチ機構によって構成されている、請求項 1、2 又は 3 に記載の可変光減衰器。

【請求項 5】 前記モニター部からの出力に応じて、前記光反射面の位置を補正する機能を備えた、請求項 2 又は 3 に記載の可変光減衰器。

【請求項 6】 90 度の角度をなす 2 つの前記光反射面を備えたミラー部材と、前記ミラー部材を直線状に移動させる前記アクチュエータとを備えた、請求項 1 ないし 5 に記載の可変光減衰器。

【請求項 7】 前記入力用光伝送路と前記出力用光伝送路を平行に並べて保持するファイバアレイを備えた、請求項 1 ないし 6 に記載の可変光減衰器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光の減衰量を調節することのできる可変光減衰器に関する。

【0002】

【背景技術】

可変光減衰器（VOA）は、入力用光伝送路（通常は、光ファイバ）から入射した光を減衰させて出力用光伝送路（通常は、光ファイバ）へ出力させるものであり、その光減衰量を可変に調整できる。このような可変光減衰器において光の

光減衰量を制御する方法としては、これまでも種々の方式のものが提案されている。例えば、対向する光ファイバ端面間の光路中にシャッタを出し入れし、その遮蔽度合いで光の減衰量を調整するメカニカル方式のものや、光路途中にファラデー回転子や熱光学素子などの光学素子を配置したものなどがある。

#### 【0003】

しかし、前者のメカニカル方式の可変光減衰器では、シャッタの縁で回折が起きるので、波長依存性が生じる、また、偏波依存損失が発生するといった不具合がある。さらに、従来のメカニカル方式のもので用いられているアクチュエータは、サイズが大きく、可変光減衰器の小型化が困難であった。

#### 【0004】

後者の光学素子を用いた可変光減衰器では、ファラデー回転子や熱光学素子などの高価な光学素子を必要とするので、可変光減衰器が高価になる、また、光減衰量を自己保持できないので、光学素子に影響を与えるための電氣的素子に通電し続ける必要があり、消費電力が大きかった。さらに、光学素子に関連して他の光学素子や光学素子に影響を与えるための電氣的素子なども必要になり、構造が複雑になり易かった。

#### 【0005】

また、光反射面を用いた可変光減衰器としては、米国特許のPatent Number 6, 137, 941に開示されたものが知られている。図1は、この従来の可変光減衰器の構造を示す概略図である。この可変光減衰器にあっては、図1に示すように、平行に揃えられた入力用光導波路1及び出力用光導波路2の端面にレンズ3を配置し、レンズ3からレンズの焦点距離 $f$ だけ離れた位置にミラー4を設け、ミラー4を支点5によって回動自在に支持している。ここで、入力用光導波路1と出力用光導波路2の中間線とレンズ3の光軸とは一致しており、その延長上に支点5が位置している。また、ミラー4とベース6との間には圧電アクチュエータ7が挿入されており、コントローラ8で制御しながら圧電アクチュエータ7を伸縮させることにより、ミラー4の傾きを任意に調整できるようにしている。

#### 【0006】

しかして、ミラー4がレンズ3の光軸と垂直になっている場合には、レンズ3

の光軸と平行に入力用光導波路 1 から出射した光は、レンズ 3 を透過する際に屈折してミラーに達し、ミラー 4 で反射した光は、再びレンズ 3 を透過する際に屈折してレンズ 3 の光軸と平行になり、出力用光導波路 2 へ入射する。この場合には、出力用光導波路 2 に入射する光の光軸と出力用光導波路 2 の軸心とが一致していると、出力用光導波路 2 に入射する光の光量は最大となる（光減衰量が最小となる。）。これに対し、圧電アクチュエータ 7 でミラー 4 を傾かせると、入力用光導波路 1 から出射されミラー 4 で反射した後に出力用光導波路 2 へ戻ってきた光の光軸は、出力用光導波路 2 の軸心からずれ、出力用光導波路 2 に入射する光の光量が減少するので、ミラー 4 の傾きが大きくなるほど、出力用光導波路 2 に入射する光の減衰量は大きくなる。

#### 【0007】

このような構造の可変光減衰器によれば、シャッタ方式の可変光減衰器のような波長依存性の問題もなく、光学素子によってコストが高価につくといった問題も回避することができる。

#### 【0008】

しかし、このような構造の可変光減衰器では、レンズとミラーとの距離をレンズの焦点距離だけ離さなければならず、しかも、入力用光導波路 1 から出射された光や出力用光導波路 2 に入射する光の収差を小さくするためには、できるだけレンズの光軸近くを使用する必要があり、短焦点レンズを用いることができないので、このような構造では可変光減衰器の小型化に限界があった。また、ミラーの角度を傾ける方法では、ミラーのわずかな傾きによっても出力用光導波路 2 に入射する光の光軸が敏感に変位するので、ミラーの傾きをシビアに制御する必要があり、光減衰量を精度よく制御することが困難であった。なお、この可変光減衰器でも、圧電アクチュエータを使用しているので、ミラーの角度を自己保持できず、消費電力が高い。

#### 【0009】

##### 【発明の開示】

本発明は、上記のような従来技術に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、小型化が可能で、精度良く光減衰量を制御することができる可変光

減衰器を提供することにある。

#### 【0010】

本発明の請求項1に記載の可変光減衰器は、入力用光伝送路と、出力用光伝送路と、入力用光伝送路から出射された光を出力用伝送路に向けて反射させる光反射面と、前記光反射面を直線上に移動させるアクチュエータとを備えたことを特徴としている。

#### 【0011】

請求項1に記載の可変光減衰器によれば、入力用光伝送路から出射された光を反射させる光反射面をアクチュエータによって直動させることにより、出力用光伝送路に入射する光の光軸を出力用光伝送路に相対的に移動させることができ、それによって光減衰量を変化させることができる。ここで、光反射面とは、光を反射させることができるものであればよいが、特にミラー、金属鏡面などが望ましい。この光反射面としては、平面に形成されたものに限らず、球面等の曲面に形成されたものであってもよい。また、光反射面の移動方向は、いずれの光反射面も平面である場合には、すべての光反射面の面方向に平行な方向であってはならないが、曲面の場合には、このような制限はない。ただし、入力用光伝送路と出力用光伝送路が平行である場合には、両伝送路と平行な方向に光反射面を移動させても意味がない。また、入力用又は出力用光伝送路には、光ファイバや光導波路などを用いることができる。

#### 【0012】

しかして、この可変光減衰器は、入力用光伝送路から出射された光を反射させる光反射面をアクチュエータによって直動させるだけの簡単な構造であるため、可変減衰器を小型化することが可能になる。また、光反射面を直動させるだけであるので、光反射面を傾けるものに比較して、光反射面の移動時のバラツキが光減衰率に敏感に応答することがなく、従って、光減衰量を精度良く制御することができる。

#### 【0013】

本発明の請求項2に記載の可変光減衰器は、請求項1に記載の可変光減衰器において、前記出力用光伝送路に入射しない光を受光するモニター部を備えたもの

である。請求項 2 に記載の可変光減衰器は、出力用光伝送路に入射しない光を受光するモニター部を備えているので、出力用光伝送路に入射する光量を間接的に知ることができる。しかも、出力用光伝送路に入射する光量を直接検知するものではないので、可変光減衰器からの光出力の損失がない。また、モニター精度も高くすることができる。また、可変光減衰器にモニター部を設けることにより、光減衰器の後段などに個別のモニター部を設ける必要が無く、モニター部も含めた全体のコストを低減させることができ、また、モニター部を設けてもサイズがほとんど大きくなることがない。

#### 【0014】

本発明の請求項 3 に記載の可変光減衰器は、請求項 2 に記載の可変光減衰器において、前記出力用光伝送路の光入射面に対向させて配置された入射レンズと、前記モニター部の光入射面に対向させて配置されたモニターレンズとを一体化したことを特徴としている。請求項 3 に記載の可変光減衰器にあつては、入射レンズとモニターレンズを一体化しているので、入射レンズにもモニターレンズにも入射せずに損失となる光の光量を少なくできる。よって、モニター用の光の光量が増加し、モニター精度を高めることができる。また、損失となった光によって可変光減衰器の温度が上昇するのを防止することができる。

#### 【0015】

本発明の請求項 4 に記載の可変減衰器は、請求項 1、2 又は 3 に記載の可変光減衰器における前記アクチュエータが、ボイスコイルモータとラッチ機構によって構成されていることを特徴としている。請求項 4 の可変光減衰器は、ボイスコイルを用いているので、アクチュエータを非常に小さくすることができ、しかも光反射面を高精度に位置調整させることができる。また、ラッチ機構を備えているので、ボイスコイルに通電していない場合には、ラッチ機構により光反射面を固定することができる。特に、電気を用いないラッチ機構とすることにより、消費電力を低減させることができる。

#### 【0016】

本発明の請求項 5 に記載の可変減衰器は、請求項 2 又は 3 に記載の可変光減衰器において、前記モニター部からの出力に応じて、前記光反射面の位置を補正す



る機能を備えたことを特徴としている。例えばモニター部から出力されるモニター出力によって可変光減衰器をフィードバック制御することで、出力用光伝送路に入射する光量を一定に保ったり、光減衰量が一定になるように制御したりすることができる。

#### 【0017】

請求項6に記載の可変光減衰器は、請求項1ないし5に記載の可変光減衰器において、90度の角度をなす2つの前記光反射面を備えたミラー部材と、前記ミラー部材を直線状に移動させる前記アクチュエータとを備えたことを特徴としている。請求項6の可変光減衰器によれば、2つの光反射面が90度の角度を成すようにミラー部材に一体化されているので、光反射面どうしの角度を調整する必要が無く、ミラー部材と入力用光伝送路及び出力用光伝送路との調芯を行えば良いので、可変光減衰器の組み立てが容易になる。

#### 【0018】

請求項7に記載の可変光減衰器は、請求項1ないし6に記載の可変光減衰器において、前記入力用光伝送路と前記出力用光伝送路を平行に並べて保持するファイバアレイを備えたことを特徴としている。請求項7の可変光減衰器によれば、入力用光伝送路と出力用光伝送路がファイバアレイに一体化されているので、両光伝送路どうしの位置関係を調整する必要が無く、光反射面とファイバアレイの調芯を行えば良いので、可変光減衰器の組み立てが容易になる。

#### 【0019】

なお、この発明の以上説明した構成要素は、可能な限り任意に組み合わせることができる。

#### 【0020】

##### 【発明の実施の形態】

##### （第1の実施形態）

図2は本発明にかかる可変光減衰器11の構造を示す平面図、図3はその光反射側の部材と光入出力用の部材とを分離した状態の斜視図である。この可変光減衰器11は、入力用光ファイバ12（シングルモードファイバ）と出力用光ファイバ13（シングルモードファイバ）を有するファイバアレイ14と、90度の

角度をなして互いに直交する第1のミラー15と第2のミラー16（いずれもミラー面精度は、 $\lambda/10$ 以上とする。）を備えたミラー部材17と、ミラー部材17を直線上に移動させるためのアクチュエータ18とから構成されている。

#### 【0021】

ミラー部材17の正面には、平面視で互いに90度の角度をなして直交する垂直な2つのミラー15、16が形成されている。ミラー部材17は、ガラス、シリコン基板、真鍮などの金属からなっており、ミラー15、16はミラー部材17に一体に形成されていてもよく、ミラー部材17とは別部材のミラー15、16をミラー部材17に貼り付けるようにしてもよい。

#### 【0022】

例えば、図4（1a）（1b）（1c）は金属プレスによってミラー部材17を製造する方法を示している。図4（1a）における符号28は金属原料板、符号29aはプレス加工用の原盤であって、原盤29aの下面には90度の角度をなす突起が設けられている。この原盤29aを金属原料板28の上面に打ち下ろしてプレスすると、図4（1b）に示すように、原盤29aによって金属原料板28の上面に内面が90度の角度をなす直交溝30が形成される。原盤29aを金属原料板28から分離した後、図4（1c）に示す1点鎖線に沿って金属原料板28をカットして切り出すと、ミラー部材17が得られる。なお、この後、直交溝30内の表面には鏡面研磨を施しても良い。

#### 【0023】

また、図4（2a）（2b）（2c）は切削加工によってミラー部材17を製造する方法を示している。図4（2a）に示す符号29bは切削用のカッターであって、カッター29bが外周部では両側面が90度の角度をなしている。このカッター29bで金属原料板28の上面を切削すると、図4（2b）に示すように、カッター29bによって金属原料板28の上面に内面が90度の角度をなす直交溝30が形成される。この後、図4（2c）に示す1点鎖線に沿って金属原料板28をカットして切り出すと、ミラー部材17が得られる。なお、この後、直交溝30内の表面には鏡面研磨を施しても良い。

#### 【0024】

また、ガラスやシリコン基板によって直交溝を有するミラー部材 17 を形成した後、直交溝内に金属薄膜を蒸着させてミラー 15、16 を形成しても良い。あるいは、プラスチック製のミラー部材 17 の直交溝内に別途製作されたミラー 15、16 を接着して貼り付けてもよい。また、プリズムレンズを貼り合わせてミラー部材 17 を構成しても構わない。

#### 【0025】

アクチュエータ 18 の具体例は後述するので、ここでは簡単に説明する。アクチュエータ 18 は、固定部 19 と可動部 20 とからなる直動型のアクチュエータであって、可動部 20 は固定部 19 に対して図 2 の矢印方向に往復動することができる。

#### 【0026】

ファイバアレイ 14 は、入力用光ファイバ 12 及び出力用光ファイバ 13 を保持するホルダー 21 と、ホルダー 21 の前面に接着されたレンズアレイ 22 とからなる。ホルダー 21 は、図 5 に示すように、V 溝アレイ 25 a とカバー 25 b とからなり、V 溝アレイ 25 a の上面には 2 本の V 溝 26 が形成されている。V 溝 26 内には入力用光ファイバ 12 の先端部と出力用光ファイバ 13 の先端部が納められており、上にカバー 25 b を重ねて接着一体化されている。よって、ホルダー 21 内において、入力用光ファイバ 12 及び出力用光ファイバ 13 は V 溝 26 によって軸心を所定位置に位置合わせされている。ホルダー 21 の前面に設けられたレンズアレイ 22 の前面には、微小な出射レンズ 23（非球面レンズ）と入射レンズ 24（非球面レンズ）が形成されている。このレンズアレイ 22 は、ホルダー 21 の前面に配置して両光ファイバ 12、13 から出射された光を両レンズ 23、レンズ 24 を通して出射させることにより、両光ファイバ 12、13 と両レンズ 23、24 とを光軸を一致させて調芯した後、接着樹脂によってホルダー 21 の前面に接着して固定される。

#### 【0027】

ミラー部材 17 の下面は、アクチュエータ 18 の可動部 20 の上に接着樹脂などによって固定されており、アクチュエータ 18 を駆動させることによって側方向（図 2 に矢印で示す方法）に微小に移動できるようになっている。ファイバア

レイ 14 は、ミラー部材 17 の正面に対向するように配置され固定されており、入力用光ファイバ 12 及び出射レンズ 23 の光軸はミラー 15 に対して 45 度の角度をなし、出力用光ファイバ 13 及び入射レンズ 24 の光軸はミラー 16 に対して 45 度の角度をなしている。こうして組み立てられた状態においては、ファイバアレイ 14 の前面とミラー部材 17 の前端面との間の端面距離は、 $500\mu\text{m}$  となり、出射レンズ 23 から出射されて入射レンズ 24 に入射するまでの空間光路長は、2 mm となっている。

#### 【0028】

図 6 は、上記可変光減衰器 11 の動作とその作用を説明するための図である。図 6 (a) は、互いに対向しているミラー部材 17 の中心とファイバアレイ 14 の中心とが一致している状態を表わしており、入力用光ファイバ 12 から出射された光は出射レンズ 23 によってコリメート光（ビーム径  $100\mu\text{m}$ ）に変換され、出射レンズ 23 から出射された光 27 はミラー 15 で反射され、さらにミラー 16 で反射された後、ほぼ全光束が入射レンズ 24 に入射し、入射レンズ 24 で集光された光 27 が出力用光ファイバ 13 に入射して外部へ伝搬される。よって、この状態（光軸ずれが最小の状態）では、光減衰量は最小となっている。

#### 【0029】

図 6 (b) は、アクチュエータ 18 によってミラー部材 17 を白抜き矢印で示す方向（側方向）へ若干移動させた状態を表わしている。この状態では、入力用光ファイバ 12 から出射された光 27 は、ミラー 15、16 で反射された後、その一部だけが出力用光ファイバ 13 に入射する。よって、この状態では、光減衰量は大きくなっている。

#### 【0030】

図 6 (c) は、ミラー部材 17 を入射レンズ 24 の半径と等しい距離だけ白抜き矢印の方向へ移動させた状態を表わしている。この状態では、入力用光ファイバ 12 から出射された光 27 は、ミラー 15、16 で反射された後、ほぼ全体が入射レンズ 24 外へ照射されており、出力用光ファイバ 13 にはほとんど入射していない。よって、この状態では、光減衰量は最大となる。

#### 【0031】

本発明の可変光減衰器 11 にあつては、図 6 (a) と図 6 (c) との間での移動範囲においては、ミラー部材 17 を側方向の一方 (図 6 の下方) へ動かすことによって光減衰量を大きくでき、反対に側方向の他方 (図 6 の上方) へ動かすことによって光減衰量を小さくできるので、アクチュエータ 18 によりミラー部材 17 を移動させてミラー部材 17 の停止位置を精密に制御することにより光減衰量を精密に調整することができる。入力用光ファイバ 12 と出力用光ファイバ 13 との光軸間の距離が  $500\mu\text{m}$ 、ファイバアレイ 14 の前面とミラー部材 17 の前端面との間隔が  $500\mu\text{m}$ 、コリメート光のビーム径が  $100\mu\text{m}$ 、ミラー 15、16 の傾きが光軸に対して 45 度の可変減衰器において、入射レンズ 24 に入射する光の光軸とレンズ 24 の光軸との間の光軸ずれと光減衰量との関係を測定した結果を図 7 に示す。なお、図 7 では光減衰量は負値で表わされているが、この光減衰量の絶対値が大きいものを光減衰量が大きいと言うものとする。この測定結果からも分かるように、光軸のずれに伴って出力用光ファイバ 13 に入射する光が減衰していく様子が確認できる。尚、光軸のずれ量に対する光減衰量は、ビーム径、光路長、レンズ 23、24 の形状、ミラー 15、16 の傾きなどの条件によって決まる。

#### 【0032】

本発明の可変光減衰器は、入力用光ファイバ 12 から出射された光をミラー 15、16 で反射させることで、ある特定の角度に曲げて出射させる光路系において、ミラー部材 17 をスライドさせることで出力用光ファイバ 13 に入射する光ビームの光路をずらし、それによって出力用光ファイバ 13 に入射する光量を減衰させる構造としているので、以下のような特徴がある。

(1) 構造が単純であり、特に、ミラー部材 17 の前端面とファイバアレイ 14 の前面とは、互いに干渉しない限り、いくらでも近づけることができるので、容易に可変光減衰器を小型化することが可能になる。

(2) アクチュエータ 18 によってミラー部材 17 を直線上にスライドさせるだけでよい。ストローク制御は角度制御に比べて容易で、精度良く制御することが可能であるので、ミラー部材 17 の移動距離や出力用光ファイバ 13 に入射する光の光軸ずれの精度を得やすく、光減衰量を高い精度で制御することができる。

- (3) 連続的に、かつ、無段階に光減衰量を変化させることができる。
- (4) シャッタ方式による可変光減衰器のように、回折などが起きず、波長依存性などの不具合が生じない。
- (5) 高価な光学素子を使用しないので、低コストで製造することができる。

### 【0033】

#### (第2の実施形態)

図8は本発明の別な実施形態による可変光減衰器31を示す平面図である。この可変光減衰器31は、モニター出力機能を備えている。ファイバアレイ14には、シングルモードファイバ(コア径約 $10\mu\text{m}$ )からなる入力用光ファイバ12及び出力用光ファイバ13と共に、マルチモードファイバ(コア径約 $50\mu\text{m}$ )からなるモニタ用光ファイバ32が保持されており、モニタ用光ファイバ32は出力用光ファイバ13に近接する位置に配置されている。また、レンズアレイ22の前面にはモニタレンズ33が設けられており、モニタレンズ33は入射レンズ24に隣接する位置に配置されている。モニタレンズ33とモニタ用光ファイバ32とは光軸が一致するように調芯されている。その他の構成については、図2に示した実施形態と同じであるので、説明を省略する。

### 【0034】

図9は、可変光減衰器31の動作とその作用を説明する図である。図9(a)は、互いに対向しているミラー部材17の中心とファイバアレイ14の中心とが一致している状態を表わしており、入力用光ファイバ12から出射された光は出射レンズ23によってコリメート光に変換され、出射レンズ23から出射された光27はミラー15で反射され、さらにミラー16で反射された後、ほぼ全光束が入射レンズ24に入射し、入射レンズ24で集光された光27が出力用光ファイバ13に入射する。よって、この状態(光軸ずれが最小の状態)では、出力用光ファイバ13の受光量は最大となっている。一方、モニタレンズ33には、光27が入射していないので、モニタ用光ファイバ32の受光量は最小となっている。

### 【0035】

図9(b)は、アクチュエータ18によってミラー部材17を白抜き矢印で示

す方向（側方向）へ若干移動させた状態を表わしている。この状態では、入力用光ファイバ12から出射された光27は、ミラー15、16で反射された後、その一部だけが出力用光ファイバ13に入射し、また、その光27の一部がモニタ用光ファイバ32に入射する。よって、この状態では、出力用光ファイバ13に入射する光量は減少し、モニタ用光ファイバ32に入射する光量は増加する。

#### 【0036】

図9（c）は、ミラー部材17を入射レンズ24の半径と等しい距離だけ白抜き矢印の方向へ移動させた状態を表わしている。この状態では、入力用光ファイバ12から出射された光27は、ミラー15、16で反射された後、ほぼ全体がモニタレンズ33に照射されており、出力用光ファイバ13にはほとんど入射していない。一方、モニタ用光ファイバ32の受光量は最大となる。

#### 【0037】

本発明の可変光減衰器31にあっては、図9（a）の状態と図9（c）の状態との間での移動範囲においては、ミラー部材17を側方向の一方（図9の下方）へ動かすことによって光減衰量を大きくでき、反対に側方向の他方（図9の上方）へ動かすことによって光減衰量を小さくできるので、アクチュエータ18によりミラー部材17を移動させてミラー部材17の停止位置を精密に制御することにより光減衰量を精密に調整することができる。しかも、出力用光ファイバ13による受光量（又は、光減衰量）とモニタ用光ファイバ32による受光量との間には、一定の関係があるので、モニタ用光ファイバ32による受光量をモニター信号として出力させることにより、可変光減衰器31の光減衰量をモニタすることができ、高精度のフィードバックを行える。よって、このモニタ信号をアクチュエータ18へフィードバックさせることにより、光減衰量の調整精度をより高くすることができる。

#### 【0038】

図10は、図7の場合と同様な条件下で測定された、入射レンズ24に入射する光の光軸とレンズ24の光軸との間の光軸ずれと、出力用光ファイバ13での光減衰量及びモニタ用光ファイバ32での光減衰量との関係を表わしている。なお、図10におけるモニタ用光ファイバ32での光減衰量とは、出力用光ファイ

バ13における最大の受光量を基準として、モニタ用光ファイバ32の受光量から算出した光減衰量である（従って、図10の縦軸は、上方を正の向きにとった対数目盛の受光量と考えてもよい。）。この測定結果からも分かるように、光軸のずれに伴って出力用光ファイバ13に入光する光が減衰していき、同時にモニタ用光ファイバ32の受光量は増加していく様子が確認でき、出力用光ファイバ13の光減衰量とモニタ用光ファイバ32の受光量との間には一定の関係があり、モニタ用光ファイバ32の受光量を知れば、可変光減衰器31の光減衰量を知ることができる。

#### 【0039】

入力用光ファイバ12及び出力用光ファイバ13としてはシングルモードファイバを用い、モニタ用光ファイバ32としてはマルチモードファイバを用い、ファイバアレイ14を混合ファイバアレイにしているが、これはモニタの受光感度を上げるためである。通常、通信用の光ファイバとしてはシングルモードファイバが使われており、そのため入力用光ファイバ12及び出力用光ファイバ13としては、シングルモードファイバを用いている。一方、モニタ用光ファイバ32は、通信用に使われるのではなく、内部で光量測定用にのみ使われるため、マルチモードファイバでも問題ない。しかも、図11(a)(b)に示すように、シングルモードファイバ（コア径約 $10\mu\text{m}$ ）よりもマルチモードファイバ（コア径約 $50\mu\text{m}$ ）の方がコア34の直径が広いため、広範囲の光を集光できる利点があり、モニタ用に使用する場合には、モニタの受光感度を上げることのできるマルチモードファイバのほうが有効であるからである。

#### 【0040】

なお、ここではモニタ用光ファイバ32としてマルチモードファイバを用いたが、シングルモードファイバを用いても差し支えない。

#### 【0041】

##### （第3の実施形態）

第2の実施形態による可変光減衰器31では、入射レンズ24に入射する光の光軸と入射レンズ24の光軸とが一致すれば、ほぼ全ての光が出力用光ファイバ13に入射し、モニタレンズ33に入射する光の光軸とモニタレンズ33の光軸



とが一致すれば、ほぼ全ての光がモニタ用光ファイバ32に入射する。しかし、ファイバアレイ14の前面に入射する光27の光軸が入射レンズ24の光軸にもモニタレンズ33の光軸にも一致していない場合には、図12に示すように、光27の一部は出力用光ファイバ13に入射し、他の一部はモニタ用光ファイバ32に入射するが、残りの一部（図12で斜線を施した領域）はモニタ用光ファイバ32に入射せず、モニタ感度を低下させている。また、モニタ感度が悪いばかりでなく、この光がファイバアレイの前面を照射することでファイバアレイ14の温度が上がり、可変光減衰器31の温度が高くなるという問題を生じる。

#### 【0042】

図13は本発明のさらに別な実施形態による可変光減衰器に用いられるファイバアレイ14の正面図である。この実施形態は、上記のような問題を考慮したものであり、入射レンズとモニタレンズが一体に結合されたハイブリッドレンズ35を用いている。このハイブリッドレンズ35は、図14(c)に示すような形状の入射レンズ24aとモニタレンズ33aを結合一体化したものであり、図14(a)(b)に示すような正面形状と下面形状を有している。まず、入射レンズ24aの形状を説明する。図14(c)に示した入射レンズ24aの内側の輪郭の円37は、コリメート光のビーム断面の半径と等しい半径の円を表わしている（これは、図12に示したような入射レンズ24の外形と同じである。）。また、外側の輪郭の円36は、円37よりも適当に大きな円を表わしており、これが入射レンズ24aの外径となる。円36の中心と円37の中心は一致しており、入射レンズ24aの光軸も当該中心と一致している。入射レンズ24aは、円36を外形とする球面又は非球面レンズから円37の外側の領域を180度の範囲にわたって除去した形状となっている。図14(c)に示すモニタレンズ33aの輪郭の円38は、ビーム断面の半径に比べて十分に大きな円であればよく（厳密には、後述のモニタ集光範囲よりも大きな円である。）、モニタレンズ33aは円38を外形とする球面又は非球面レンズから入射レンズ24aの重なり合う領域を除去した形状となっている。そして、モニタレンズ33aの一部除去された部分に入射レンズ24aの一部が嵌め込まれたような形状となるようにハイブリッドレンズ35が構成されている。なお、図14(b)に示すように出力用

光ファイバ13は入射レンズ24aの光軸と一致するように配置され、モニタ用光ファイバ32はモニタレンズ33aの光軸と一致するように配置される。

#### 【0043】

図15は上記ハイブリッドレンズ35のより詳細な設計例を示している。まず、光ビームのビーム径と等しい半径の円37を描く。この円と外接するようにして光ビームのビーム径と等しい半径の円39を描く。ついで、円39に外接し、かつ、円37の中心を通る垂線（直線40）と円37の交点を通る円41を描く。さらに、円37と同心円状の大きな円36を描き、円37の外部のうち直線40の片側を除去して入射レンズ24aの形状を決める。また、円39と同心円状の大きな円38を描き、円38から入射レンズ24aと重なる領域を除去してモニタレンズ33aの形状を決める。ついで、円36の中心に光軸を有する球面又は非球面レンズを一部カットして上記のような入射レンズ24a形状にする。また、円38の中心に光軸を有する球面又は非球面レンズを一部カットして上記のようなモニタレンズ33a形状にする。円41内の領域から円37の領域を除いた領域はモニタ集光領域42であって、コリメート光の直径が $100\mu\text{m}$ であるとする、モニタ集光領域42は直径が約 $175\mu\text{m}$ の領域となる。

#### 【0044】

ハイブリッドレンズ35は、非球面レンズ製造技術を応用して一体構造で製作される。個別に製作した2つのレンズ24、33を貼り合わせても良いが、結合部分で光の損失が生じるので、一体成形することが望ましい。

#### 【0045】

図16(a)(b)(c)(d)はハイブリッドレンズ35によるコリメート光の分割推移の様子を説明する図である。図16(a)に示すように、円37内に光27が入射している場合には、ほとんど全ての光27が入射レンズ24aに入射して入射レンズ24aにより集光され、出力用光ファイバ13に入射する。これに対し、光27がモニタレンズ33a側へ少し移動すると、光27の照射領域が円37からはみ出すので、円37内の光27は入射レンズ24により集光されて出力用光ファイバ13に入射するが、円37からはみ出てモニタ集光領域42に入った光27は全てモニタレンズ33aで集光され、モニタ用光ファイバ3

2で受光される。さらに光27が大きく移動し、光27の照射領域の大部分が円37からはみ出すと、円37内のわずかな光27が入射レンズ24により集光されて出力用光ファイバ13に入射するが、円37からはみ出てモニタ集光領域42に入っている大部分の光27はモニタレンズ33aで集光され、モニタ用光ファイバ32で受光される。さらに、光27の照射領域が完全に円37からはみ出すと、ほぼ全ての光27がモニタレンズ33aで集光され、モニタ用光ファイバ32で受光される。

#### 【0046】

これらのいずれの状態においても、入射レンズ24aからはみ出した光（例えば、図15に示した光27）は全てモニタレンズ33aで集光されてモニタ用光ファイバ32で受光され、モニター用に使用されていることが分かる。よって、図12に示したように、入射レンズ24でもモニタレンズ33でも受光されない光が無くなり、モニタ感度とモニタ精度が向上する。また、可変光減衰器31を温度上昇させる原因になったりするのを防止することもできる。

#### 【0047】

上記の動作から分かるように、入射レンズ24aとしては、円37で表わされる球面又は非球面レンズであればよく、モニタレンズ33aとしては、円41で表わされる球面又は非球面レンズから円37の部分を除いたものであればよいが、この実施形態では入射レンズ24aを円37よりも大きくして、モニタレンズ33aもモニタ集光領域42の領域よりも大きくしている。これは、円37の領域やモニタ集光領域42からはみ出た微弱な光もハイブリッドレンズ35によって集光させ、出力用光ファイバ13又はモニタ用光ファイバ32へ入射させるようにし、ファイバアレイ14などの温度上昇を少しでも減らすためである。

#### 【0048】

尚、従来の可変光減衰器は、モニタ機能を有していない。そのため、図17に示すように、可変光減衰器43の後段に可変光減衰器43から出力された光を99:1に分岐させるスプリッタ44を接続し、99%の光を光出力として使用し、1%の光をモニタ出力として利用している。しかし、このような構成では、光出力がロスするという問題と、モニタ精度が悪いという問題がある。前者の問題

は、このような方法では可変光減衰器 43 からの出力を 99 : 1 に分割しているため、スプリッタ 44 からの出力は可変光減衰器 43 からの出力の 99 % となり、必ず 1 % の出力を損失するためである。また、後者の問題は、モニタ出力される光量は可変光減衰器 43 からの出力の 1 % のみであり、この 1 % の光を使って残りの 99 % の光を算出しなければならないので、モニタ精度が悪く、フィードバック制御しても、光出力量の補正精度が悪いためである。

#### 【0049】

これに対し、本発明の第 2 の及び第 3 の実施形態では、可変光減衰器からの出力は 100 % 後段に出力されるので、光出力のロスが少ない。また、可変光減衰器の入力と出力との差がモニタ出力となるので、モニタリング光量（絶対値）が大きくなり、光減衰量を高精度に制御可能になる。特に、ハイブリッドレンズ 35 を用いた第 3 の実施形態では、光のロスがほとんどないので、より一層高精度に制御可能になる。

#### 【0050】

##### （第 4 の実施形態）

図 18 は本発明のさらに別な実施形態を示す概略ブロック図であって、制御回路内蔵可変減衰器 45 を表わしている。制御回路内蔵可変減衰器 45 は、アクチュエータ 18、ミラー部材 17、ファイバアレイ 14 を備えており、これらによって第 3 の実施形態のようなモニター機能付きの可変光減衰器が構成されている。制御回路内蔵可変減衰器 45 は、さらにアクチュエータ 18 を駆動するための駆動回路 46、駆動回路 46 を通してアクチュエータ 18 を制御し、ファイバアレイ 14 に戻るコリメート光の光軸ずれを制御する制御回路 47、ファイバアレイ 14 のモニタ用光ファイバ 32 から出力されたモニタ光を受光するフォトダイオード（PD）等の受光素子 48、受光素子 48 からの出力信号を増幅して制御回路 47 にフィードバック信号を入力する増幅回路 49 を備えている。また、制御回路 47 は、制御電圧又は制御信号を通じて上位システム 50 と通信する。

#### 【0051】

次に、この制御回路内蔵可変減衰器 45 により光減衰量を調整するための制御動作を説明する。図 20 はこの制御動作を表わしたフロー図である。光減衰量を

調整又は再調整する際には、制御回路 47 は、まず駆動回路 46 に制御信号を出力してアクチュエータ 18 を駆動し、図 19 (a) に示すように、ファイバアレイ 14 へ戻ってくる光が全てモニタレンズ 33 に入射する位置で（あるいは、受光素子 48 で受光しているモニター光をモニターしながら、モニター光の光量が最大となる位置で）ミラー部材 17 を停止させる（ステップ S1）。このときのモニタ用光ファイバ 32 の受光量を、光入力の入射光量  $I1$  とみなしてメモリに記憶する（ステップ S2）。ついで、この入射光量  $I1$  の値から、光出力を規格値  $O1$  に保つことができる光減衰量を演算する。

#### 【0052】

次に、制御回路 47 は、演算された光減衰量となるように駆動回路 46 に制御信号（制御電圧）を出力し（ステップ S3）、駆動回路 46 を通じてアクチュエータ 18 でミラー部材 17 を戻す（ステップ S4）。図 19 (b) に示すように、こうして演算された光減衰量となる位置でミラー部材 17 が停止すると、出力用光ファイバ 13 から外れてモニタ用光ファイバ 32 に入射している光量を受光素子 48 で測定し（ステップ S5）、受光素子 48 から出力される信号を増幅回路 49 で増幅してモニター信号として制御回路 47 へフィードバックさせる。制御回路 47 は、このモニター信号からモニター光の光量  $O2$  を算出し、さらに出力用光ファイバ 13 からの出射光量  $O3 = I1 - O2$  を演算する。

#### 【0053】

この出射光量の演算値  $O3$  が規格値  $O1$  に等しいか否かを判定し（ステップ S6）、等しくない場合には、制御回路 47 は、モニター光の光量  $O2$  から演算した出射光量  $O3$  と規格値  $O1$  とを比較し、出射光量が規格値  $O1$  に近づくようにミラー部材 17 の位置をフィードバック制御し、出射光量を補正する。

#### 【0054】

なお、光軸ずれが小さい領域では、モニタ用光ファイバ 32 の受光量が小さくなるので、光軸ずれがゼロの位置、又はモニタ用光ファイバ 32 の受光量がゼロになる位置を見い出すのは困難である。このような場合には、モニタ用光ファイバ 32 の受光量がゼロに近くなる前のモニター光量の変化率と予め記憶させられているデータとに基づいて、モニター光量がゼロになる位置を予測するようにす

ればよい。

### 【0055】

#### (第5の実施形態)

図21又は図22は本発明のさらに別な実施形態による可変光減衰器51の構成を示す概略平面図である。この可変光減衰器51にあつては、ミラー部材が固定ミラー部材52と可動ミラー部材53とによって構成されており、固定ミラー部材52には入力用光ファイバ12から出射される光の光軸に対して $45^{\circ}$ の傾きを有するミラー54が形成され、可動ミラー部材53には、ミラー54に対して90度の角度をなすように傾いたミラー55が形成されている。固定ミラー部材52はファイバアレイ14に対して静止しているが、可動ミラー部材53はアクチュエータによりファイバアレイ14に対して光軸と平行な方向、あるいは直交する方向に直線上に移動できるようになっている。

### 【0056】

図21(a)(b)は、可動ミラー部材53をファイバアレイ14の光軸と直交する方向へスライドさせるようにしたものを示している。図21(a)は、入力用光ファイバ12から出射された光27が、出射レンズ23でコリメート光に変換された後、ミラー54及びミラー55で反射し、すべての光束が入射レンズ24で集光されて出力用光ファイバ13に入射している様子を表わしている。図21(b)に白抜き矢印で示すように、可動ミラー部材53を側方向に移動させると、入力用光ファイバ12から出射された光27は、ミラー54、55で反射された後、その一部だけが入射レンズ24で集光されて出力用光ファイバ13に入射する。よって、この状態では、出力用光ファイバ13に入射する光量は減少する。

### 【0057】

また、図22(a)(b)は、可動ミラー部材53をファイバアレイ14の光軸と平行な方向へスライドさせるようにしたものを示している。図22(a)は、入力用光ファイバ12から出射された光27が、出射レンズ23でコリメート光に変換された後、ミラー54及びミラー55で反射し、すべての光束が入射レンズ24で集光されて出力用光ファイバ13に入射している様子を表わしている

。図 2 2 (b) に白抜き矢印で示すように、可動ミラー部材 5 3 を前後方向に移動させると、入力用光ファイバ 1 2 から出射された光 2 7 は、ミラー 5 4、5 5 で反射された後、その一部だけが入射レンズ 2 4 で集光されて出力用光ファイバ 1 3 に入射する。よって、この状態でも、出力用光ファイバ 1 3 に入射する光量は減少する。

#### 【0058】

なお、これらの実施形態から分かるように、固定ミラー部材は光の方向を曲げる働きをしているだけであるので、2 本の光ファイバを互いに 90 度の角度を成すようにしてファイバアレイに保持させれば、ミラーは 1 つだけあればよい（すなわち、固定ミラー部材を省くことができる。）。

#### 【0059】

##### (第 6 の実施形態)

図 2 3 は本発明のさらに別な実施形態による可変光減衰器 6 2 の構成を示す概略平面図である。この可変光減衰器 6 2 は、互いに 90 度の角度をなして谷状に対向する 2 つのミラー 5 7、5 8 を有する固定ミラー部材 5 6 と、互いに 90 度の角度をなして山状に配置された 2 つのミラー 6 0、6 1 を有する可動ミラー部材 5 9 とから構成されており、可動ミラー部材 5 9 はミラー 5 7、5 8 間の谷部の奥から直線状に出入りするようになっている。

#### 【0060】

しかして、図 2 3 (a) のように可動ミラー部材 5 9 が引っ込んでいる場合には、入力用光ファイバ 1 2 から出射され出射レンズ 2 3 でコリメート化された光 2 7 は、ミラー 5 7 及び 5 8 で反射された後、全てが入射レンズ 2 4 で集光されて出力用光ファイバ 1 3 に入射する。図 2 3 (b) に示すように、アクチュエータにより可動ミラー部材 5 9 をスライドさせて光 2 7 の光路に少し突出させると、ミラー 5 7 で反射された光の一部がミラー 6 0 で遮られ、ミラー 6 0 で反射された光 2 7 はモニタ用光ファイバ 3 2 で集光されてモニタ用光ファイバ 3 2 に入射する。一方、出力用光ファイバ 1 3 に入射する光量は減少する。さらに、可動ミラー部材 5 9 を突出させると、図 2 3 (c) のように出力用光ファイバ 1 3 に入射する光はさらに減少し、モニタ用光ファイバ 3 2 に入射する光量はさらに増

加する。アクチュエータで可動ミラー部材 59 を大きく突出させてミラー 57 で反射した光 27 の光路を完全に遮ると、出力用光ファイバ 13 には光 27 が入射しなくなり、ほぼ全ての光がモニタ用光ファイバ 32 に入射する。

#### 【0061】

従って、このような構造の可変光減衰器 62 によってもモニター機能を有する可変光減衰器を実現することができる。

#### 【0062】

なお、上記実施形態では、可動ミラー部材 59 の両面にミラー 60、61 を形成したが、ミラー 61 は無くてもよい。すなわち、ミラー 61 の形成されている面はミラーになっていなくてもよく、あるいは、ミラー 61 の形成されている傾斜面自体があっても、なくてもよい。

#### 【0063】

(アクチュエータの構造)

次に、上記アクチュエータ 18、特に自己保持機能を備えたアクチュエータの具体的構成を説明する。図 24 は、超小型のボイスコイルモータ (VCM) 63 を用いたアクチュエータである。音叉状に屈曲した継鉄 64 の上下内面には、それぞれ磁石 65、66 が取付けられており、磁石 65、66 間には磁界が発生している。ボイスコイル 67 は、コイルを環状に巻いて固めたものであり、ボイスコイル 67 内には一方の磁石 65 と継鉄 64 を挿通させてあり、ボイスコイル 67 は小さな力で磁石 65 に沿って滑らかに動くようになっている。しかして、ボイスコイル 67 に電流を流すと、ボイスコイル 67 に発生するフレミングの力により、ボイスコイル 67 は電流の向きに応じていずれかの向きに移動する。従って、何らかの連結部材を用いてボイスコイル 67 とミラー部材 17 を連結しておけば、ボイスコイルモータ 63 によってミラー部材 17 を直線状にスライドさせることができる。

#### 【0064】

このような超小型ボイスコイルモータは、光学ピックアップに用いられているものであり、CD や MD などの用途に用いられているボイスコイルモータ技術を応用して小型で精密に製作される。小型であること、応答性がよいこと、微細な



送り ( $\mu\text{m}$ オーダー) ができることなどから、ボイスコイルモータはアクチュエータとして有効である。ただし、ボイスコイルモータは、復帰用のスプリングによって元の方向へ付勢されており、電流を流している間だけ推力が働いて変位が得られるため、電流を切っても状態を保持できるようにラッチ機構を付加することが望ましい。

#### 【0065】

ラッチ機構は、一般的な磁気回路で構成することができる。例えば、図25に示すような(図35も参照)ラッチ機構68を用いることができる。このラッチ機構68は、板バネ69、コイル70、マグネット71から構成されており、湾曲した板バネ69の基端部は保持部74に固定されている。また、板バネ69の先端部内面にはコイル70が取り付けられており、コイル70はマグネット71と対向している。可動部72は板バネ69の先端部の下に位置しており、可動部72は板バネ69のバネ応力により先端部で押さえ付けられている。一方、ベース73の上面に立てられた保持部74には、弾性を有するワイヤ75の一端が固定されており、ワイヤ75の他端は可動部72に連結されている。可動部72はワイヤ75の弾性によりベース73から浮き上がるように付勢されているが、板バネ69により押える力の方が強くなっている。

#### 【0066】

従って、コイル70に通電していない時には、可動部72は板バネ69の先端部によってベース73に押しつけられており、動かないように固定されている。ラッチを解除したい時には、コイル70に電流を流してコイル70とマグネット71の間に電磁吸引力を発生させる。電磁吸引力によってコイル70がマグネット71の上部へ吸引されると、板バネ69の先端部が持ち上がって可動部72がベース73から浮き上がり、可動部72を動かすことができるようになる。よって、可動部72とボイスコイルモータ63のボイスコイル67とを連結しておくことにより、ボイスコイル67にラッチ機構を付加することができる。

#### 【0067】

なお、板バネ69と可動部72との間、あるいは可動部72とベース73の間にシリコンシートを挟み込んだり、あるいは、各接触部分をシリコンシートで形

成しておけば、衝撃を和らげつつ、摩擦による保持力を向上させることができる。

### 【0068】

ラッチ機構には、このほかにカムローラを使った方法、油圧を使った方法、形状記憶合金を使った方法など、いかなる方法を用いても差し支えない。保持力、消費電力、実装スペース等を考慮して選択すれば良い。

### 【0069】

(別なアクチュエータの構造)

また、アクチュエータは、小型でリニア駆動できるものであれば、特にその方式は問わない。例えば、圧電素子の急速変形を利用した圧電アクチュエータでも良い。このアクチュエータ76は、図26に示すように、移動物体77とウエイト部79とを圧電素子78を介して連結したものである。このアクチュエータ76を後退させる場合には、図26(a)から図26(b)に示すように、ゆっくりと、圧電素子78を収縮させていく。圧電素子78がゆっくりと収縮しているので、移動物体77は床80との摩擦のために静止したまま移動せず、ウエイト部79だけが後方へ移動する。ついで、図26(c)のように圧電素子78の収縮を急激に停止させると、質量の大きなウエイト部79の慣性のためにアクチュエータ76全体が後方へ移動する。ついで、圧電素子78を急速に伸張させると、質量の大きなウエイト部79は慣性のために移動できないので、移動物体77が後方へ移動させられる。このような図26(a)～(d)のような動作を何度も繰り返すことによりアクチュエータ76は後方へ微小距離ずつ移動していく。また、同様に、アクチュエータ76を前方へ移動させることも可能である。しかも、このようなアクチュエータ76では、圧電素子78を駆動しないときには、任意の位置で静止することができ、ラッチ機構と同様な働きをすることができる。

### 【0070】

(さらに別なアクチュエータの構造)

アクチュエータとして超音波リニアモータ81を用いてもよい。図27は超音波リニアモータ81の一部を拡大して示したものである。超音波リニアモータ8

1 は、弾性材料からなるステータ 8 2 とステータ 8 2 の表面に接触しているスライダ 8 3 からなる。超音波リニアモータ 8 1 を駆動すると、ステータ 8 2 の表面粒子は図に示すように楕円運動をし、これによってステータ 8 2 の表面をレーレイ波が伝搬し、ステータ 8 2 とスライダ 8 3 の間の摩擦によってスライダ 8 3 がステータ 8 2 の表面に沿って移動させられるものである。よって、このスライダ 8 3 にミラー部材 1 7 を固定しておけばよい。また、超音波リニアモータ 8 1 が駆動されていない場合には、ステータ 8 2 とスライダ 8 3 との間の摩擦によってスライダ 8 3 は動かないので、超音波リニアモータ 8 1 はラッチ機構と同様な働きを備えている。

#### 【0071】

(さらに別なアクチュエータの構造)

アクチュエータとしては、小型カメラや小型ムービー用に使用されるマイクロステッピングモータ技術を応用してもよい。図 28 に示すアクチュエータは、ステッピングモータ 8 4 の回転軸に設けたリードスクリュー 8 5 をミラー部材 1 7 に設けたナット（雌ネジ孔；図示せず）に挿通させたものである。ミラー部材 1 7 が回転しないようにしてあれば、ステッピングモータ 8 4 でリードスクリュー 8 5 を回転させることにより、ミラー部材 1 7 をステッピングモータ 8 4 の軸方向に沿って移動させることができる。

#### 【0072】

また、図 29 に示すものはステッピングモータ 8 4 の回転軸に取付けたウォームギア 8 6 を、ステッピングモータ 8 4 の回転軸と直交するように配置して軸支されたリードスクリューに噛み合わせたものである。このアクチュエータによれば、ウォームギア 8 6 を介してステッピングモータ 8 4 でリードスクリュー 8 5 を回転させることにより、ミラー部材 1 7 をステッピングモータ 8 4 の軸方向と直交する方向へ移動させることができる。

#### 【0073】

(具体的製品)

図 30～図 32 は可変光減衰器の具体的製品の組み立て手順を表わしている。組み立てにあたっては、基板 9 8 の上にファイバアレイ固定部 8 8、アクチュエ

ータ 18 や必要に応じてラッチ機構 89 を実装しておく。ついで、図 30 に示すように、アクチュエータ 18 にミラー部材 17 を取付けて固定する。ついで、図 31 に示すように、ファイバアレ固定部 88 にファイバレイ 14 を取付け、入力用光ファイバ 12 から光を出射させながら調芯を行い、ファイバレイ 14 の位置が定まったらファイバレイ 14 をファイバアレ固定部 88 に固定する。この後、図 32 に示すように、ファイバレイ 14 やミラー部材 17、アクチュエータ 18 等を実装された基板 98 をパッケージ 90 内に納める。

#### 【0074】

図 33 は具体的な製品形態の一例を表わしている。これは制御回路を含まない構成例である。パッケージ 90 内にはアクチュエータ 18 が固定されており、アクチュエータ 18 にはミラー部材 17 が取付けられている。ミラー部材 17 に対向させてファイバアレ固定部 88 にファイバレイ 14 が取付けられている。ファイバレイ 14 の光ファイバ 91 (入力用光ファイバ 12、出力用光ファイバ 13 など) はコネクタ 92 及びカバー 93 を通してパッケージ 90 の外部へ引き出されている。また、パッケージ 90 内には、アクチュエータ 18 の駆動回路 46 が納められている。

#### 【0075】

図 34 は制御回路を含んだ具体的構成例である。この例では、図 33 の構成要素に加えて、モニター用の受光素子 48、増幅回路 49、制御回路 47 もパッケージ 90 内に納められている。

#### 【0076】

図 35 は、図 33 の構成をより具体化したものを示している。すなわち、アクチュエータ 18 としては、ボイスコイルモータ 94 を用いている。すなわち、ベース 87 に固定されたマグネット 95 に対してボイスコイル 96 が対向しており、ボイスコイル 96 は可動部 72 に固定されている。また、ミラー部材 17 も可動部 72 に固定されている。ラッチ機構としては、図 25 に示したような構造のラッチ機構 68 を用いているが、図 35 では保持部 74 とワイヤ 75 と可動部 72 だけを示しており、板バネ 69、コイル 70、マグネット 71 は省略している。保持部 74 に基端部を保持されているワイヤ 75 は弾性を有しており、その先

端部に取付けられている可動部 72 を上方へ浮き上がらせている。また、可動部 72 はワイヤ 75 に沿って摺動可能となっている。

#### 【0077】

しかして、ミラー部材 17 を動かないようラッチする時には、板バネ 69 が可動部 72 をベース 87 に押さえ付けている。ミラー部材 17 を動かす場合には、コイル 70 を励磁して板バネ 69 の先端を持ち上げると（図 25 参照）、ワイヤ 75 によって可動部 72 がベース 87 から浮き上がり、ボイスコイル 96 はマグネット 95 と対向する。ついで、ボイスコイル 96 を励磁すると、可動部 72 と共にボイスコイル 96 がスライドし、ミラー部材 17 が位置調整される。

#### 【0078】

図 36 も図 33 の構成をより具体化したものであって、ステッピングモータ 84 やリードスクリュー 85、ウォームギア 86 などからなる図 29 のような構造のアクチュエータを用いている。ただし、ウォームギア 86 を介してリードスクリュー 85 を回転させることでステージ 99 をリードスクリュー 85 に沿って移動させるようにし、ステージ 99 の上にミラー部材 17 を固定している。また、ステージ 99 にガイドピン 97 を挿通させることによってステージ 99 をガイドし、スムーズにステージ 99 が移動できるようにしている。

#### 【0079】

次に、可変光減衰器の特殊な使用方法を説明する。図 37 は可変光減衰器 100 の光減衰量を 0% と 100% の 2 値とすることによってオン／オフ用スイッチとして使用できるようにしたものである。この可変光減衰器 100 は、図 3 等にした第 1 の実施形態による可変光減衰器 11 と同じ構造を有するものであるが、ミラー部材 17 がアクチュエータ 18 によって図 37 (a) に示すように全光束が入射レンズ 24 に入射している状態と、図 37 (b) に示すように全光束が入射レンズ 24 から外れている状態との間を一気に移動するようになっており、中間の状態で止まらないようになっている。例えば、反転バネのような機構を付加してもよい。このような可変光減衰器 100 は光減衰量が 2 値の特殊な可変光減衰器と考えることができ、オン／オフ用スイッチとして用いることができる。

#### 【0080】

図38は出力用光ファイバを2本平行に設けた可変光減衰器101であって、可変スプリッタとして用いることができるものである。すなわち、ファイバアレイ14の出力側には、2本の出力用光ファイバ13a、13bが互いに平行に保持されており、両出力用光ファイバ13a、13bの端面に対向させてそれぞれ入射レンズ24を設けている。しかして、ミラー部材17が図38(a)の位置にある場合には、入力用光ファイバ12から出射された光は100%出力用光ファイバ13aに入射し、ミラー部材17が図38(b)の位置にある場合には、入力用光ファイバ12から出射された光はミラー部材17の位置に応じた割合で出力用光ファイバ13aと出力用光ファイバ13bに入射し、ミラー部材17が図38(c)の位置にある場合には、入力用光ファイバ12から出射された光は100%出力用光ファイバ13bに入射する。従って、この可変光減衰器101は、ミラー部材17をスライドさせることによって出力用光ファイバ13aと出力用光ファイバ13bの分割比率を任意に変えることができ、可変スプリッタとして使用することができる。

#### 【0081】

図39(a)(b)(c)は、前記ハイブリッドレンズ35の製造方法を説明する概略図である。これは、いわゆる2P(Photo-Polymerization)法と言われるものであって、紫外線硬化樹脂を用いてレンズを成形する。まず、図39(a)に示すように、シリンジなどによってガラス基板102の上に紫外線硬化樹脂103を定量滴下する。ついで、紫外線硬化樹脂103の上からガラス基板102の上にスタンプ104を重ねる。スタンプ104の下面には、ハイブリッドレンズ35の反転した形状を有する凹型105が予め設けられている。ついで、スタンプ104をガラス基板102に押しつけることによって紫外線硬化樹脂103をスタンプ104の凹型105内に押し広げる。この後、図39(b)に示すように、ガラス基板102を通して紫外線硬化樹脂103に紫外線を照射し、紫外線硬化樹脂103を硬化させることによってハイブリッドレンズ35を成形する。ガラス基板102からスタンプ104を剥離させると、ガラス基板102の上面には紫外線硬化樹脂103によってハイブリッドレンズ35全体が一体に成形されている。なお、ここではハイブリッドレンズ35の成形についてのみ述べ

たが、出射レンズ 23 や入射レンズ 24 も同様にしてハイブリッドレンズ 35 と同時に成形される。これによってレンズアレイ 22 が製造される。

#### 【0082】

上記スタンプ 104 を製作するには、例えばレーザー加工によってハイブリッドレンズ 35 と同じ形状を有する原型を作製した後、電鋳法等によって原型の上に Ni などを堆積させて反転型を製作する。原型から剥離された反転型には、スタンプ 104 の凹型 105 と同じ凹型パターンが形成されている。ついで、反転型から原型の複製を制作し、さらに、この複製からスタンプ 104 を製作する。

#### 【0083】

なお、上記実施形態の説明中で記載した数値は一例であって、本発明は、上記のような数値に限定されるものではない。また、上記実施形態では、光伝送路として光ファイバを用いたが、光導波路を用いても差し支えない。

#### 【0084】

##### 【発明の効果】

本発明の可変光減衰器によれば、入力用光伝送路から出射された光を反射させる光反射面をアクチュエータによって直動させることにより、出力用光伝送路に入射する光の光軸を出力用光伝送路に相対的に移動させることができ、それによって光減衰量を変化させることができる。従って、入力用光伝送路から出射された光を反射させる光反射面をアクチュエータによって直動させるだけの簡単な構造であるため、可変減衰器を小型化することが可能になる。また、光反射面を直動させるだけであるので、光反射面の移動時のバラツキが光減衰率に敏感に応答することがなく、光減衰量を精度良く制御することができる。

#### 【0085】

よって、本発明によれば、簡単な構造によって光の光減衰量を制御することができ、したがって安価に可変光減衰器を製造することができる。よって、比較的短距離の光伝送用や家庭用機器どうしを光ファイバで結んでデータや信号を伝送する用途などには、最適に使用することができる。

##### 【図面の簡単な説明】

#### 【図 1】

従来の可変光減衰器の構造を示す概略図である。

【図 2】

本発明にかかる可変光減衰器の構造を示す平面図である。

【図 3】

同上の可変光減衰器を構成するアクチュエータ及びミラー部材とファイバアレイとを分離した状態の斜視図である。

【図 4】

(1 a) (1 b) (1 c) は金属プレスによってミラー部材を製造する方法を説明する概略図、(2 a) (2 b) (2 c) は切削加工によってミラー部材を製造する方法を説明する概略図である。

【図 5】

ファイバアレイのホルダー位置における断面図である。

【図 6】

(a) (b) (c) は、図 2 に示した可変光減衰器の動作とその作用を説明する図である。

【図 7】

入射レンズに入射する光の光軸とレンズの光軸との間の光軸ずれと、光減衰量との関係を測定した結果を示す図である。

【図 8】

本発明の別な実施形態による可変光減衰器を示す平面図である。

【図 9】

(a) (b) (c) は、同上の可変光減衰器の動作とその作用を説明する図である。

【図 10】

入射レンズに入射する光の光軸とレンズの光軸との間の光軸ずれと、出力用光ファイバでの光減衰量及びモニタ用光ファイバでの光減衰量との関係を表わす図である。

【図 11】

(a) (b) は、シングルモードファイバとマルチモードファイバとの差異を



説明する図である。

【図 1 2】

出力用光ファイバにもモニタ用光ファイバにも入射せず、損失となる光を説明するための図である。

【図 1 3】

本発明のさらに別な実施形態による可変光減衰器に用いられるファイバアレイの正面図である。

【図 1 4】

(a) (b) はハイブリッドレンズの正面図及び下面図、(c) はハイブリッドレンズを入射レンズとモニタレンズに分離して示した図である。

【図 1 5】

ハイブリッドレンズのより詳細な設計例を示す図である。

【図 1 6】

(a) (b) (c) (d) はハイブリッドレンズによるコリメート光の分割推移の様子を説明する図である。

【図 1 7】

従来の出力モニター方法を説明する図である。

【図 1 8】

本発明のさらに別な実施形態を示す概略ブロック図である。

【図 1 9】

(a) (b) は同上の制御回路内蔵可変減衰器における光減衰量の調整方法を説明する図である。

【図 2 0】

図 1 8 に示した制御回路内蔵可変減衰器の制御動作を表わしたフロー図である。

【図 2 1】

(a) (b) は、本発明のさらに別な実施形態による可変光減衰器の構成を示す概略平面図である。

【図 2 2】

(a) (b) は、本発明のさらに別な実施形態による可変光減衰器の構成を示す概略平面図である。

【図 2 3】

(a) (b) (c) (d) は本発明のさらに別な実施形態による可変光減衰器の構成と動作を示す概略平面図である。

【図 2 4】

超小型のボイスコイルモータ (VCM) を用いたアクチュエータの斜視図である。

【図 2 5】

(a) (b) はラッチ機構の動作を説明する側面図である。

【図 2 6】

(a) (b) (c) (d) は、別な構造のアクチュエータを説明する概略図である。

【図 2 7】

アクチュエータとして用いる超音波リニアモータの一部を拡大して示す図である。

【図 2 8】

さらに別な構造のアクチュエータを示す平面図である。

【図 2 9】

さらに別な構造のアクチュエータを示す平面図である。

【図 3 0】

可変光減衰器の具体的製品の組み立て手順を示す図である。

【図 3 1】

図 3 0 の続図である。

【図 3 2】

図 3 1 の続図である。

【図 3 3】

可変光減衰器の具体的な製品形態の一例を表わした図である。

【図 3 4】

可変光減衰器の具体的な製品形態の一例を表わした図である。

【図 3 5】

可変光減衰器の具体的な製品形態の一例を表わした図である。

【図 3 6】

可変光減衰器の具体的な製品形態の一例を表わした図である。

【図 3 7】

(a) (b) は、本発明のさらに別な実施形態による可変光減衰器の構成を示す概略平面図である。

【図 3 8】

(a) (b) (c) は、本発明のさらに別な実施形態による可変光減衰器の構成を示す概略平面図である。

【図 3 9】

(a) (b) (c) はハイブリッドレンズの製造ほうほうを説明する概略図である。

【符号の説明】

- 1 2 入力用光ファイバ
- 1 3 出力用光ファイバ
- 1 4 ファイバアレイ
- 1 5 ミラー
- 1 6 ミラー
- 1 7 ミラー部材
- 1 8 アクチュエータ
- 2 2 レンズアレイ
- 3 2 モニタ用光ファイバ
- 3 3 モニタレンズ
- 3 5 ハイブリッドレンズ
- 5 2 固定ミラー部材
- 5 3 可動ミラー部材
- 5 4 ミラー

5 5 ミラー

5 6 固定ミラー部材

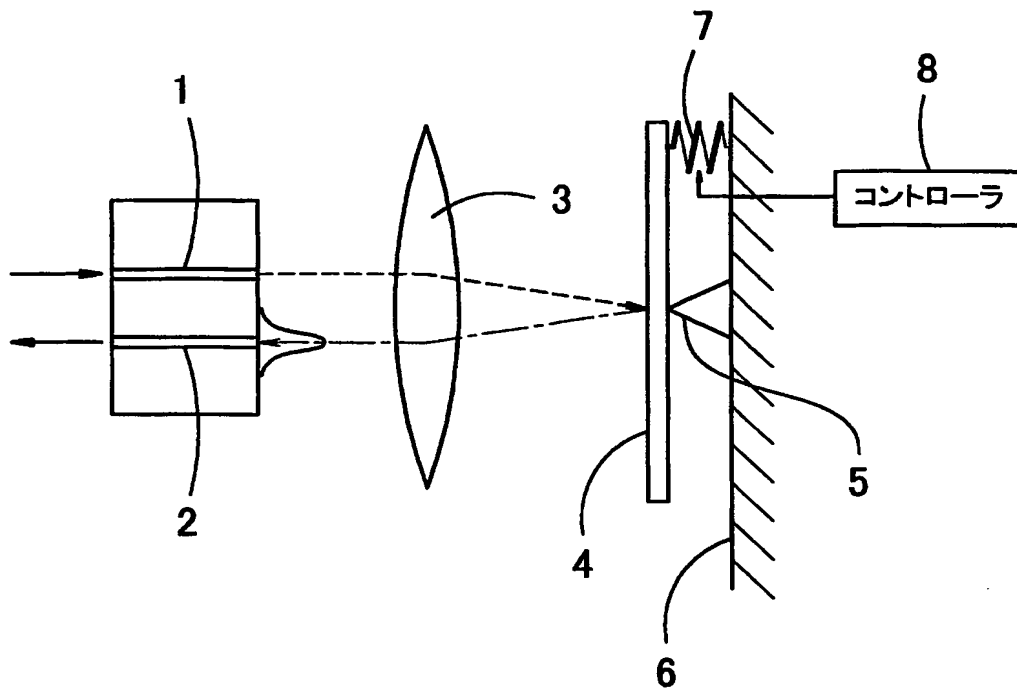
5 7、5 8 ミラー

5 9 可動ミラー部材

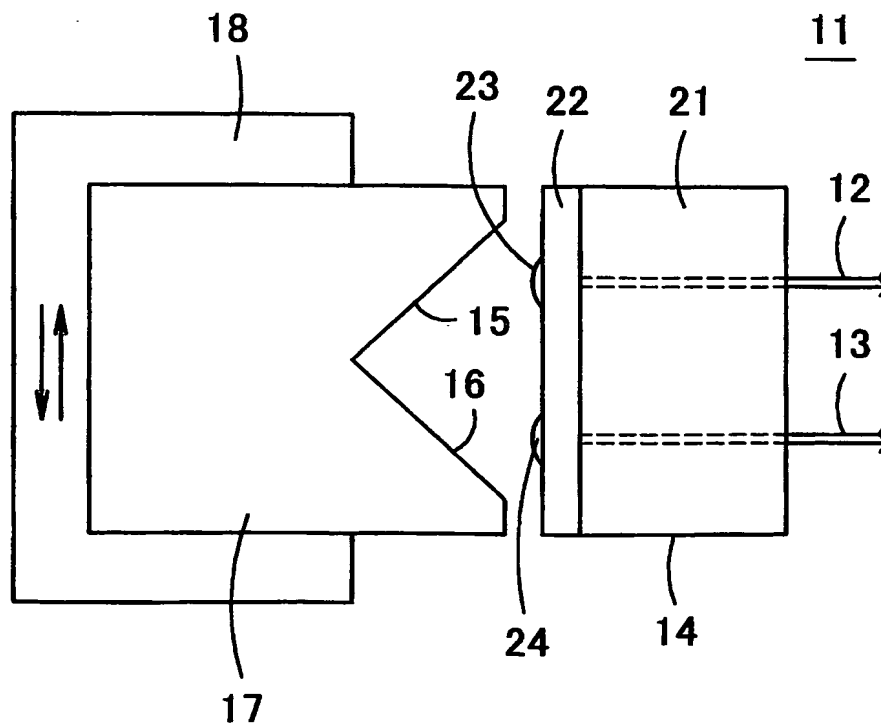
6 0、6 1 ミラー

【書類名】 図面

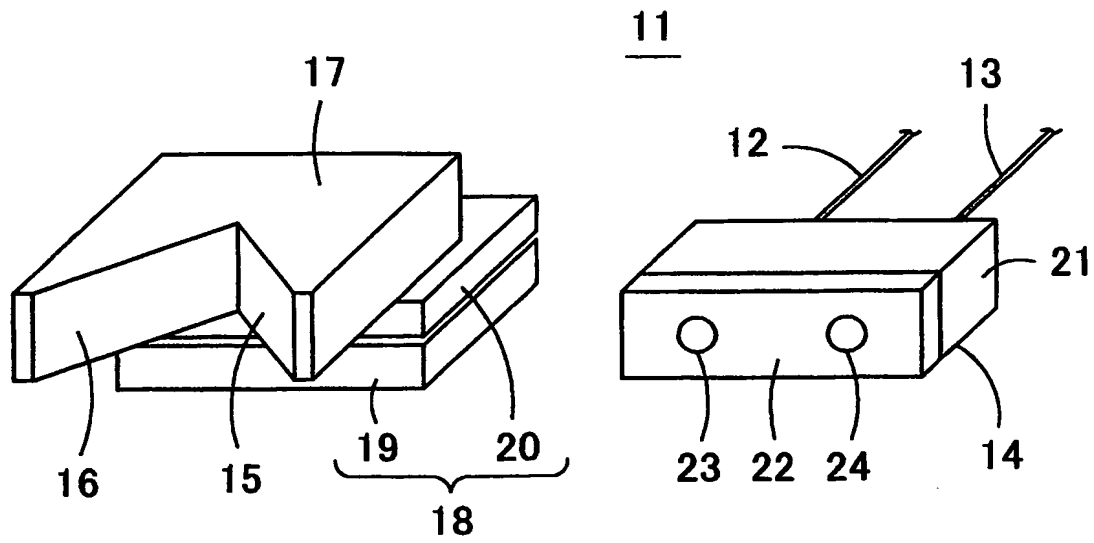
【図 1】



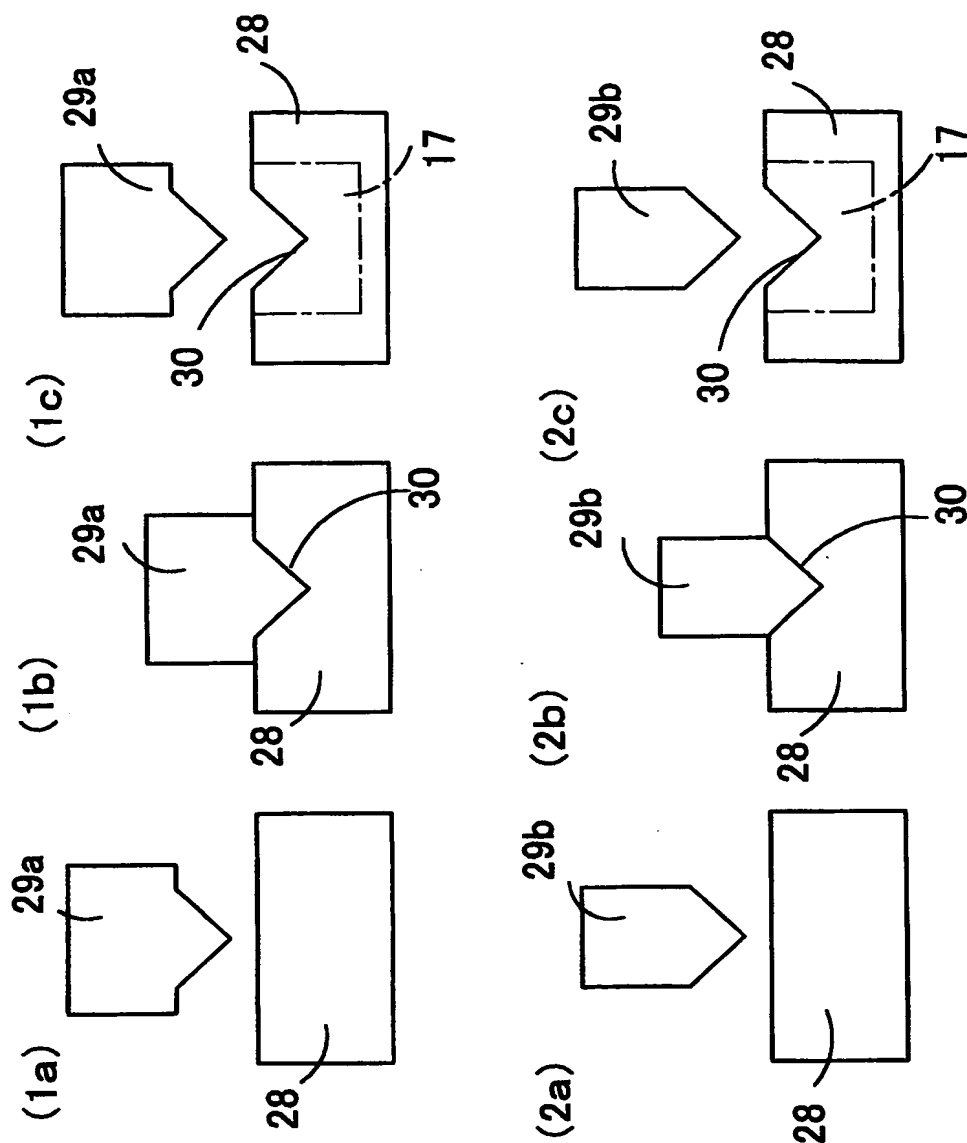
【図 2】



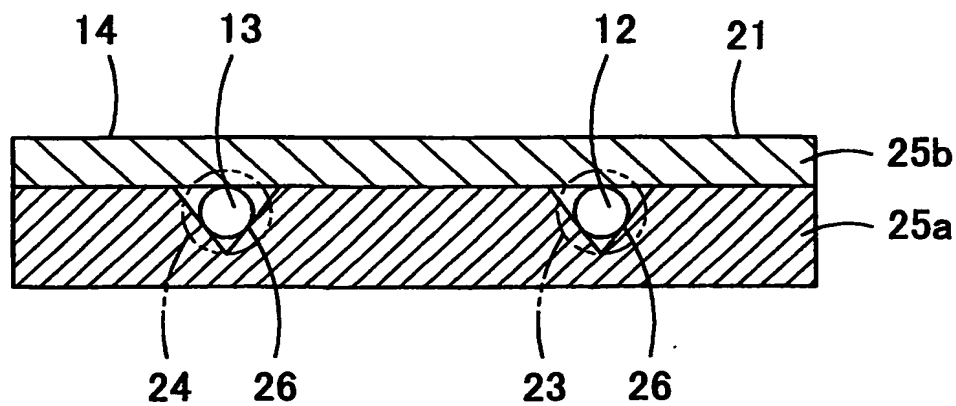
【図 3】



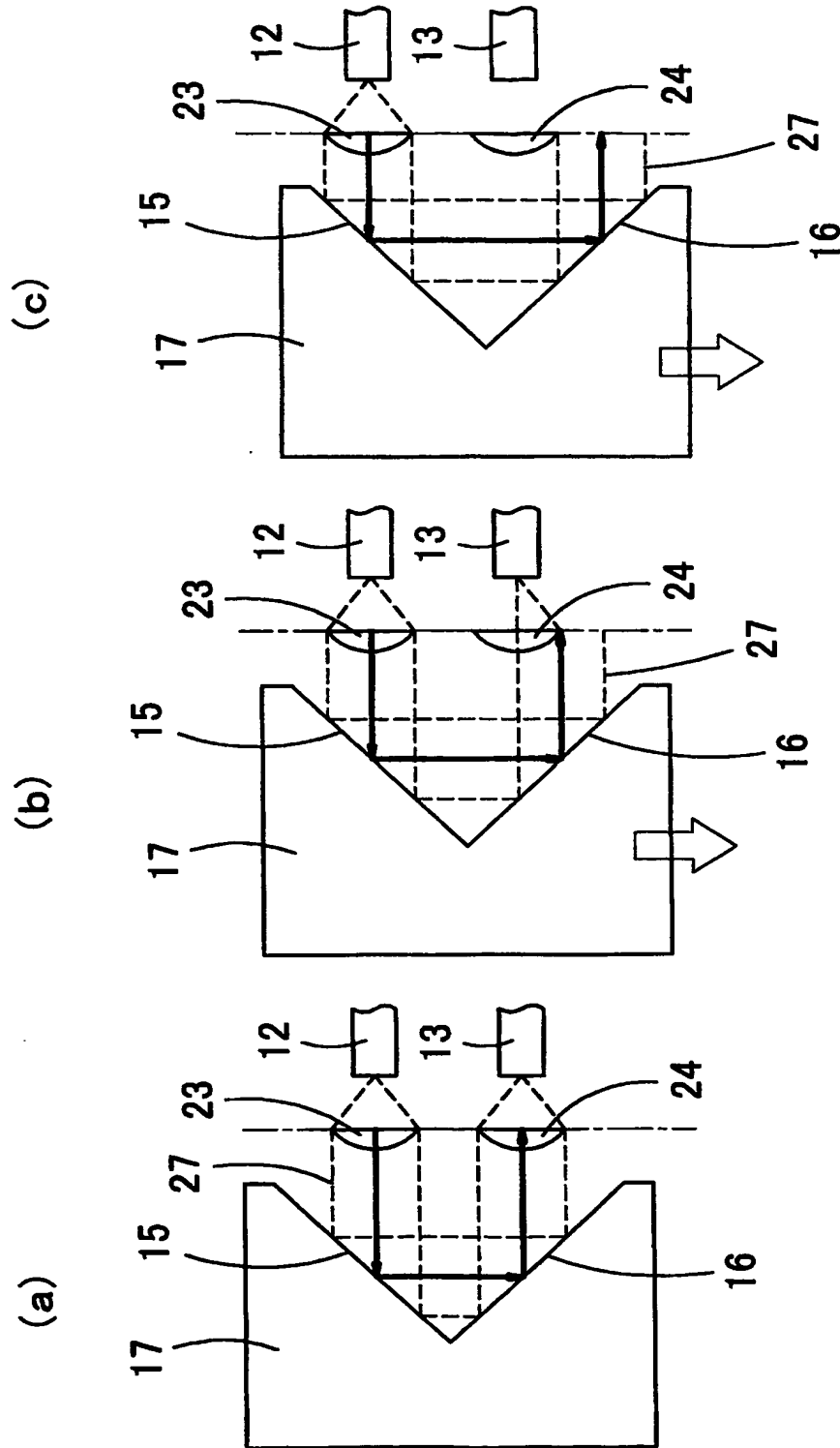
【図 4】



【図 5】

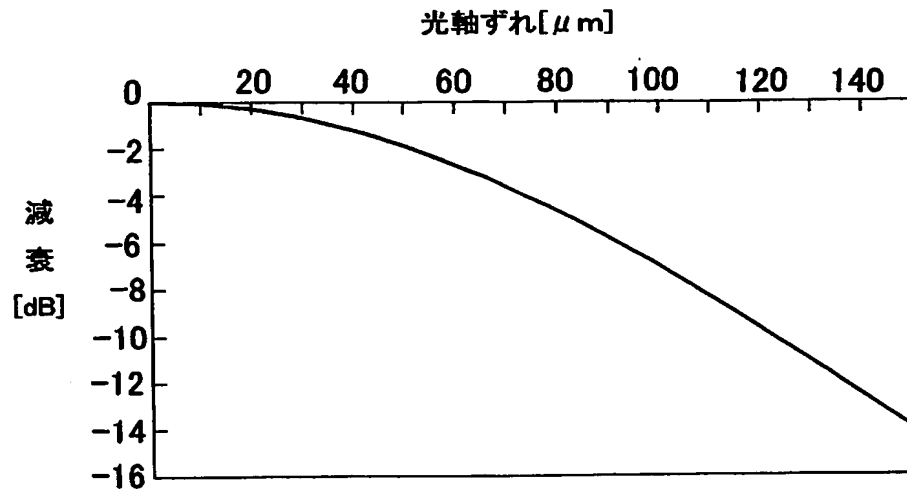


【図 6】

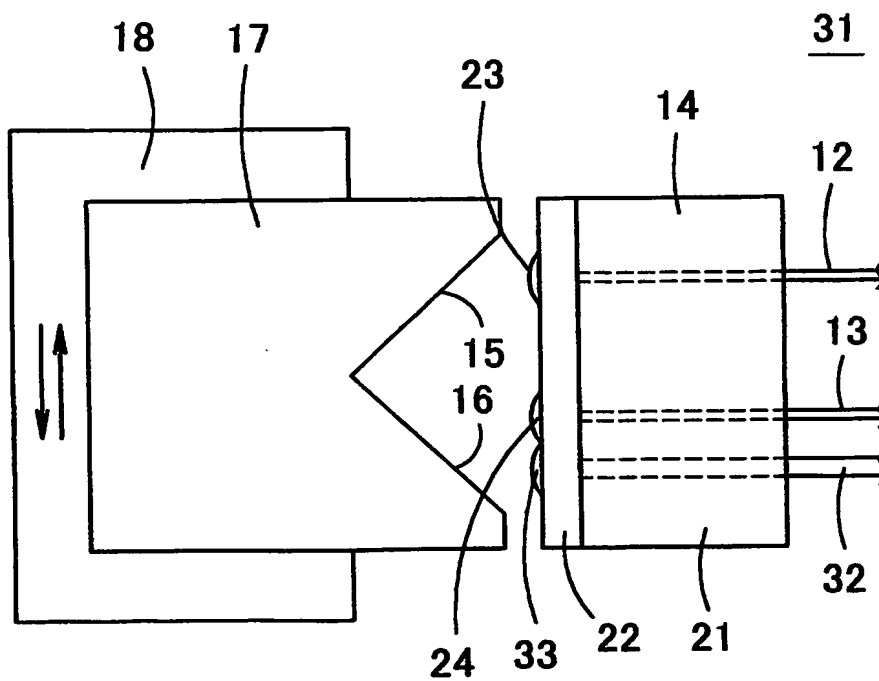




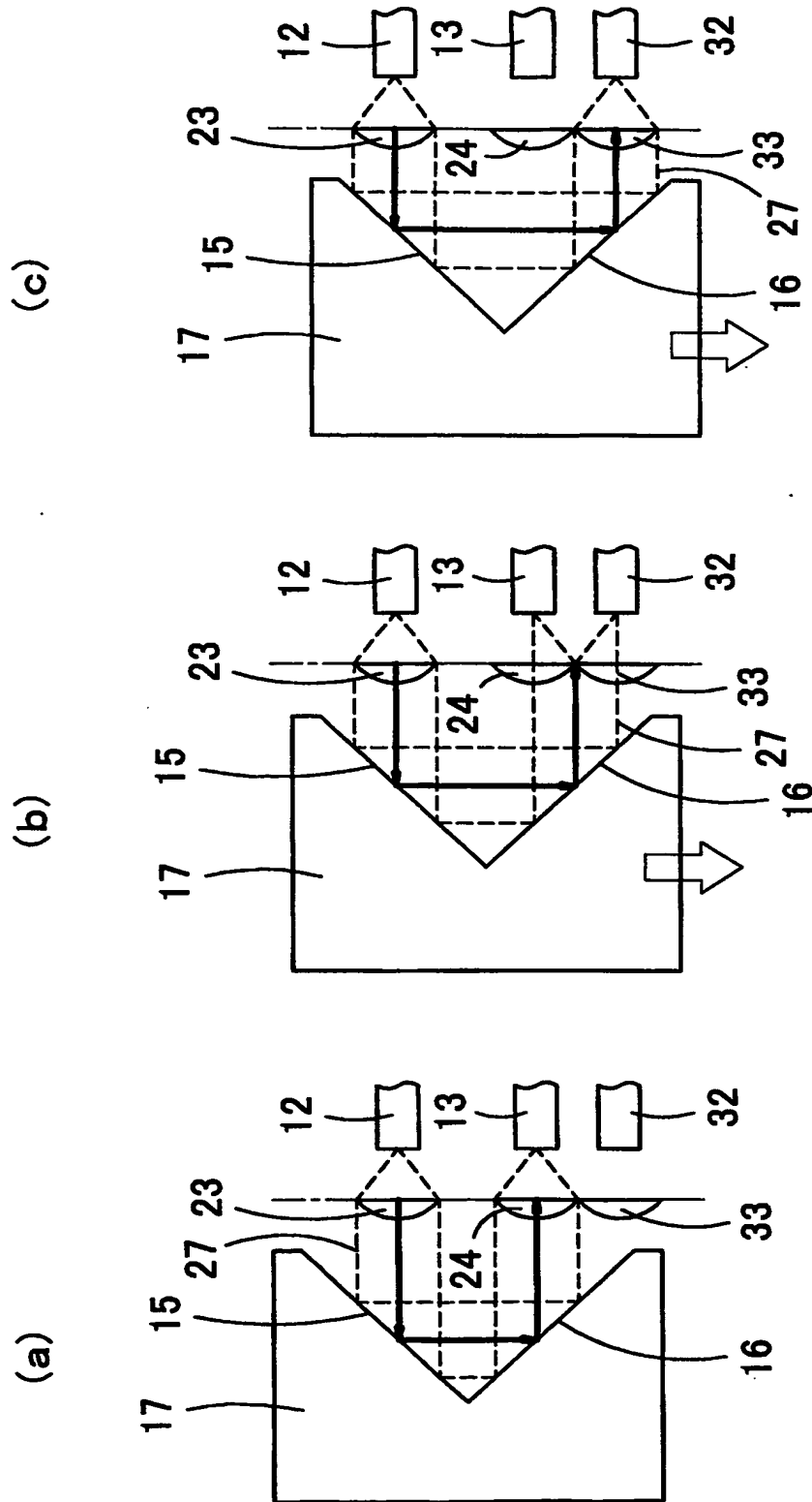
【図 7】



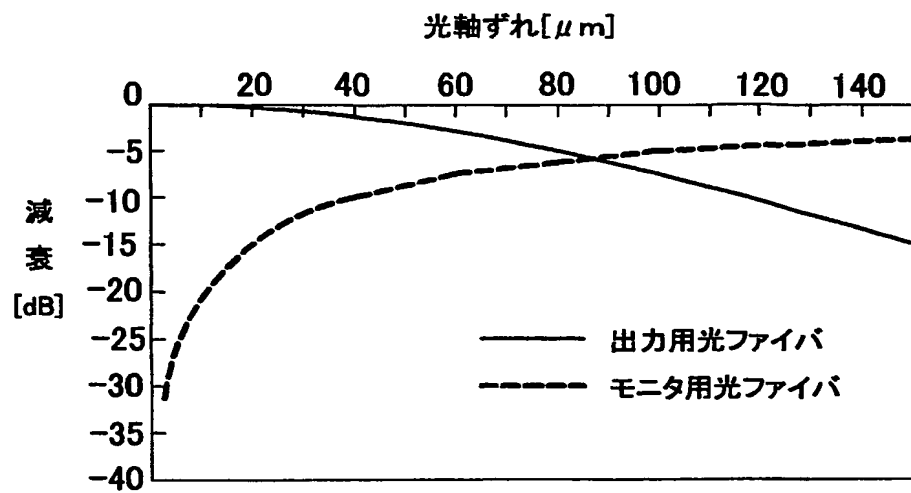
【図 8】



【図 9】

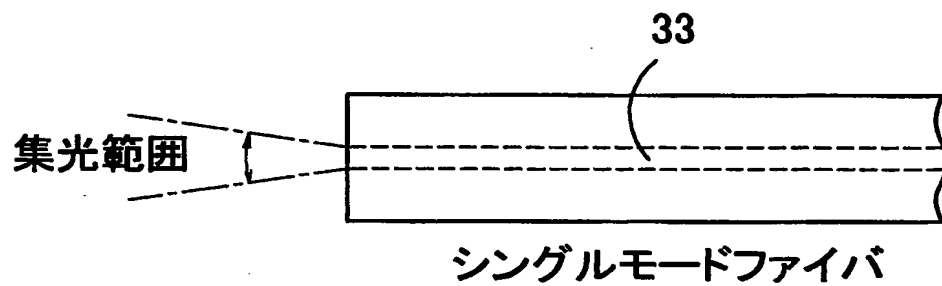


【図 10】

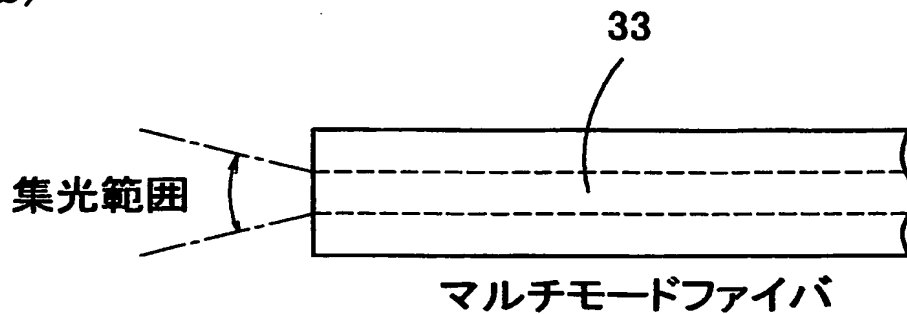


【図 11】

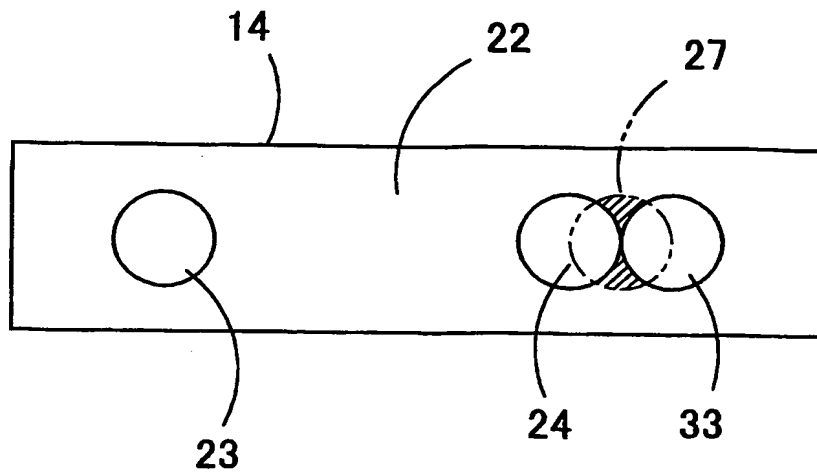
(a)



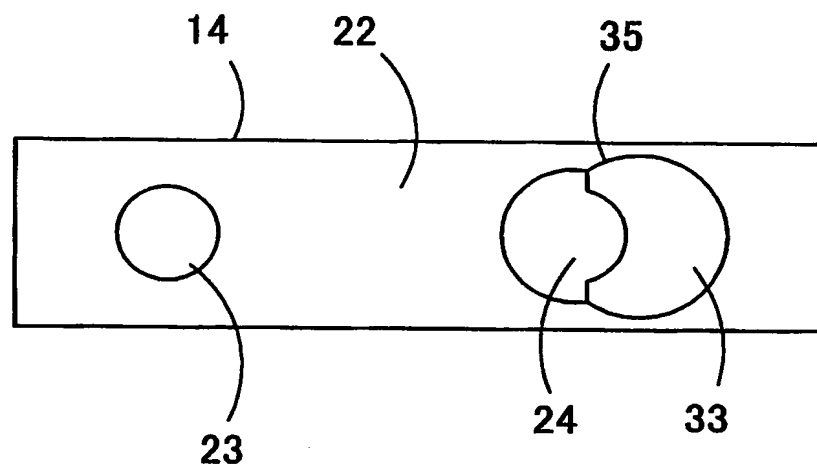
(b)



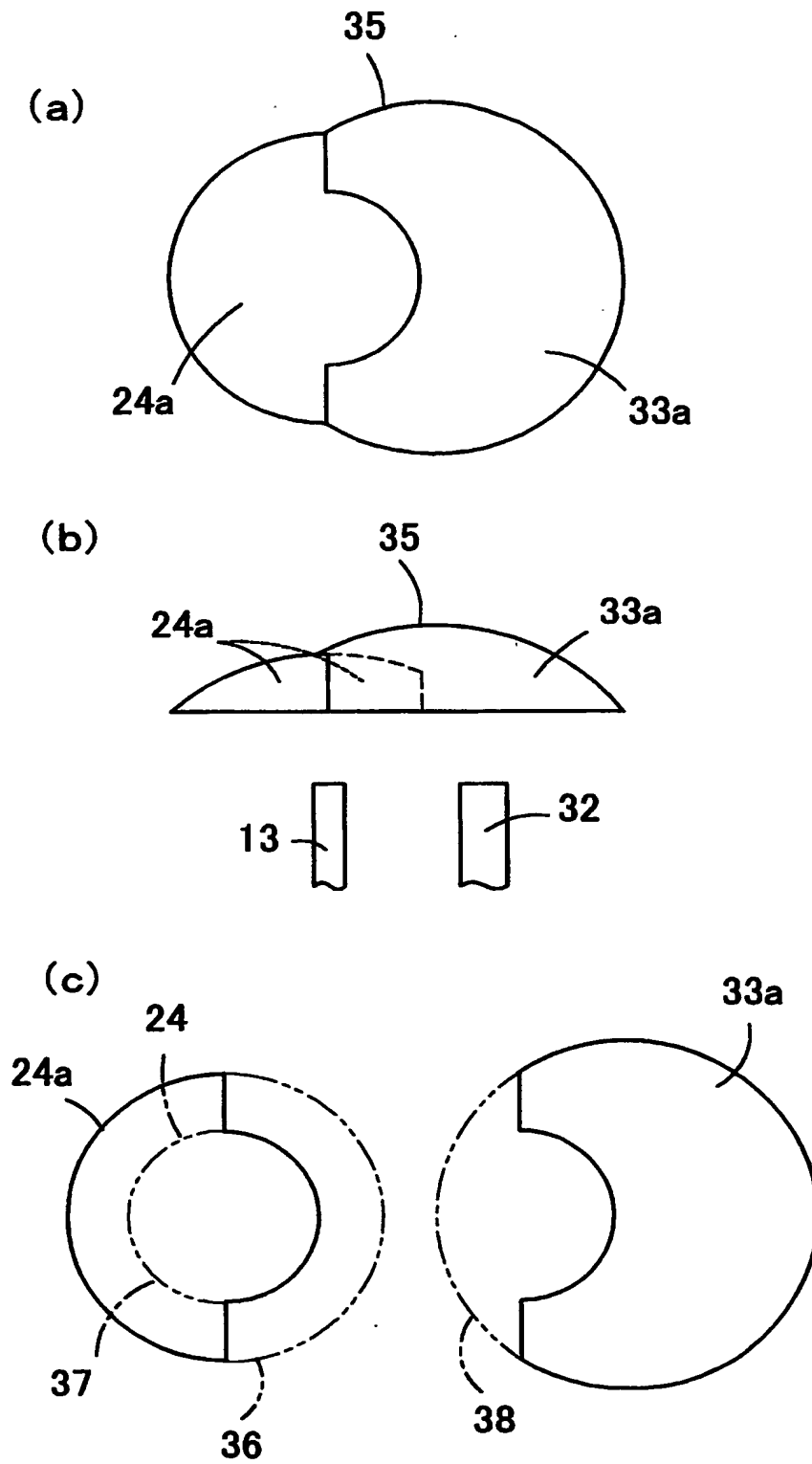
【図 12】



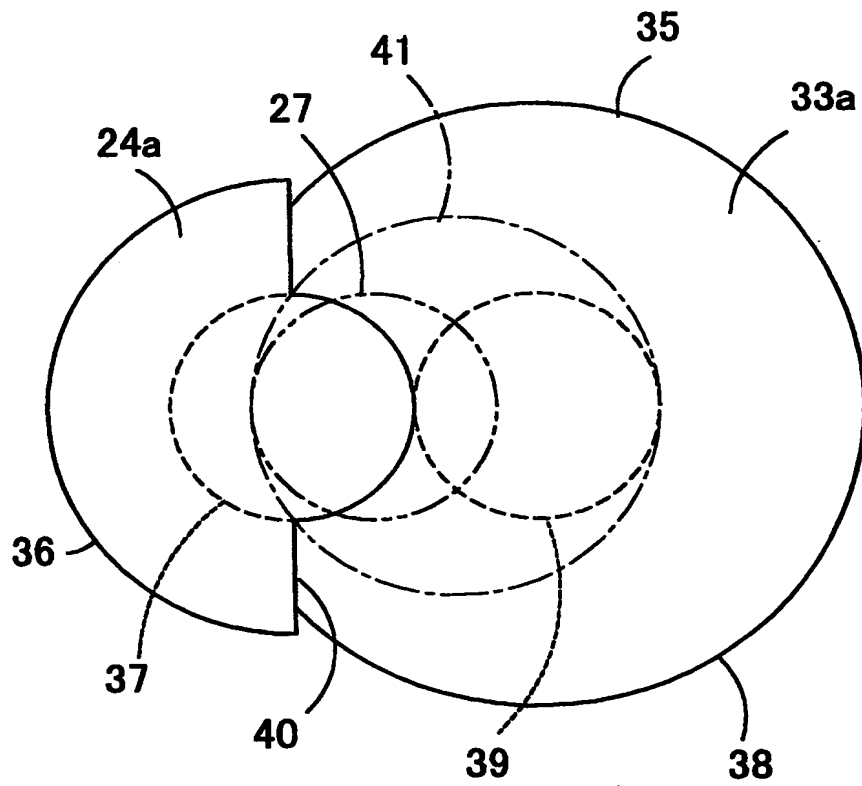
【図 13】



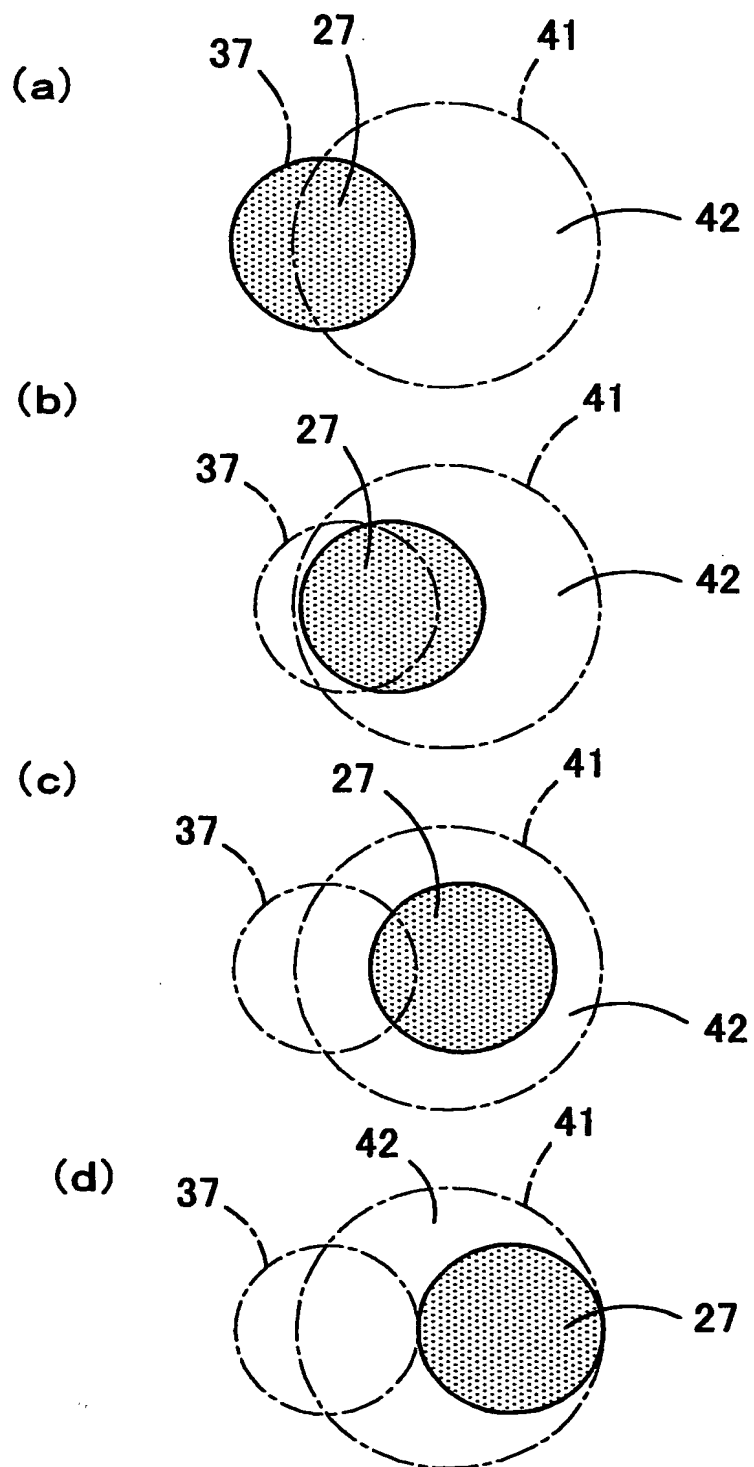
【図 14】



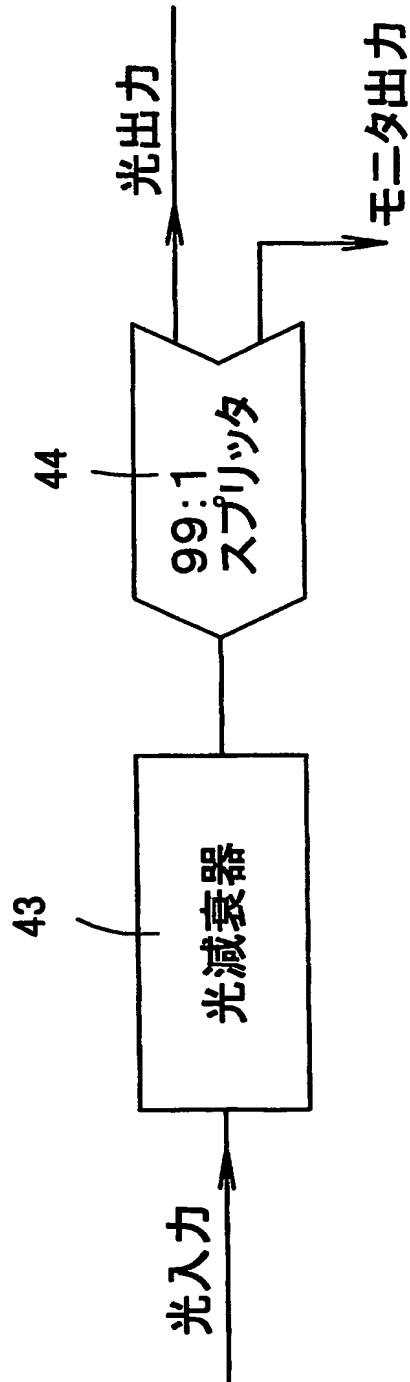
【図 1 5】



【図 16】

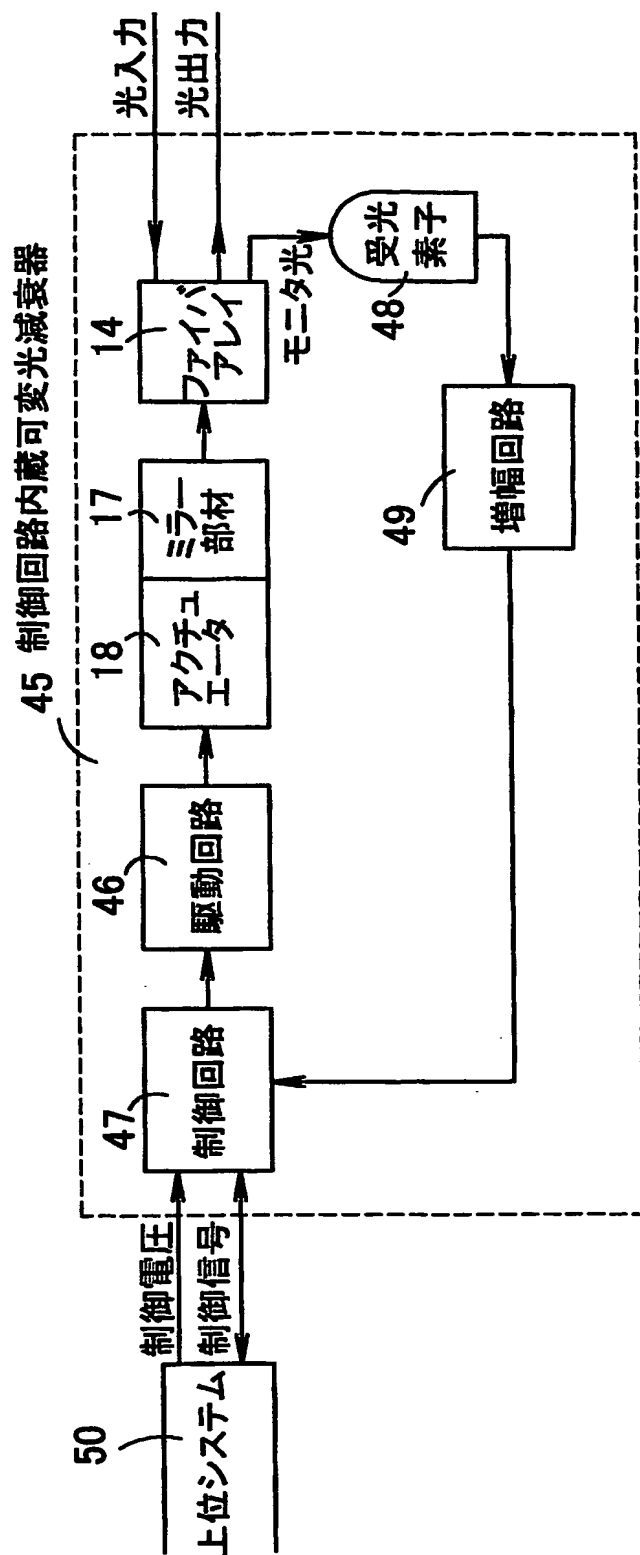


【図 17】

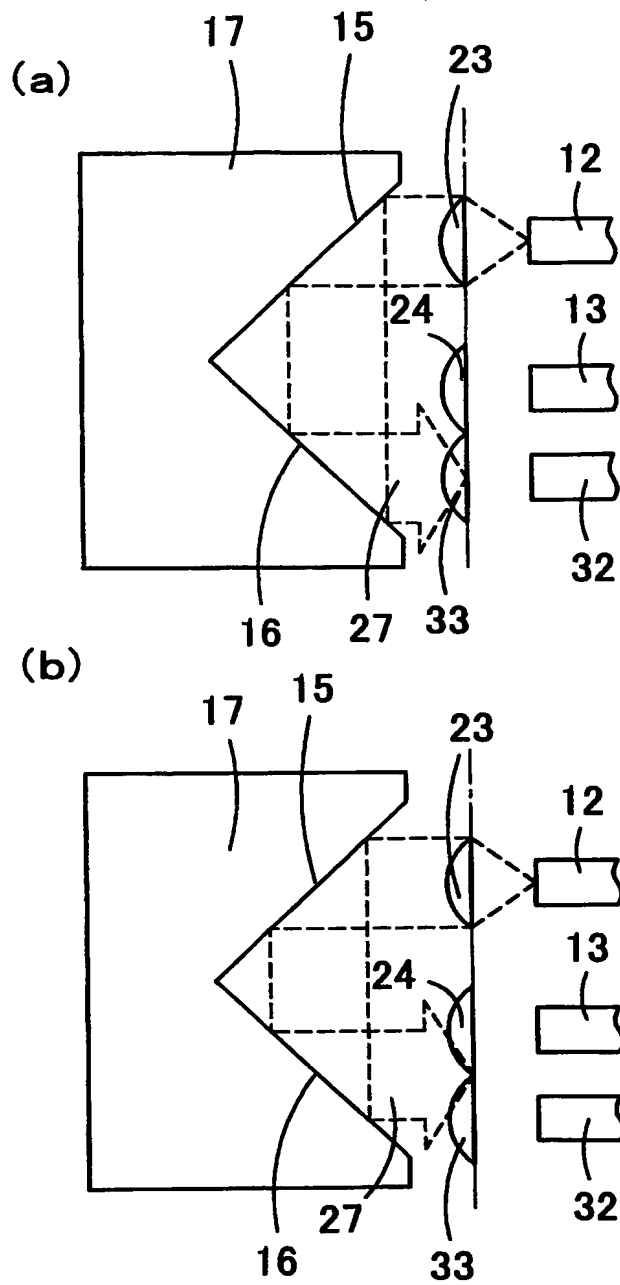




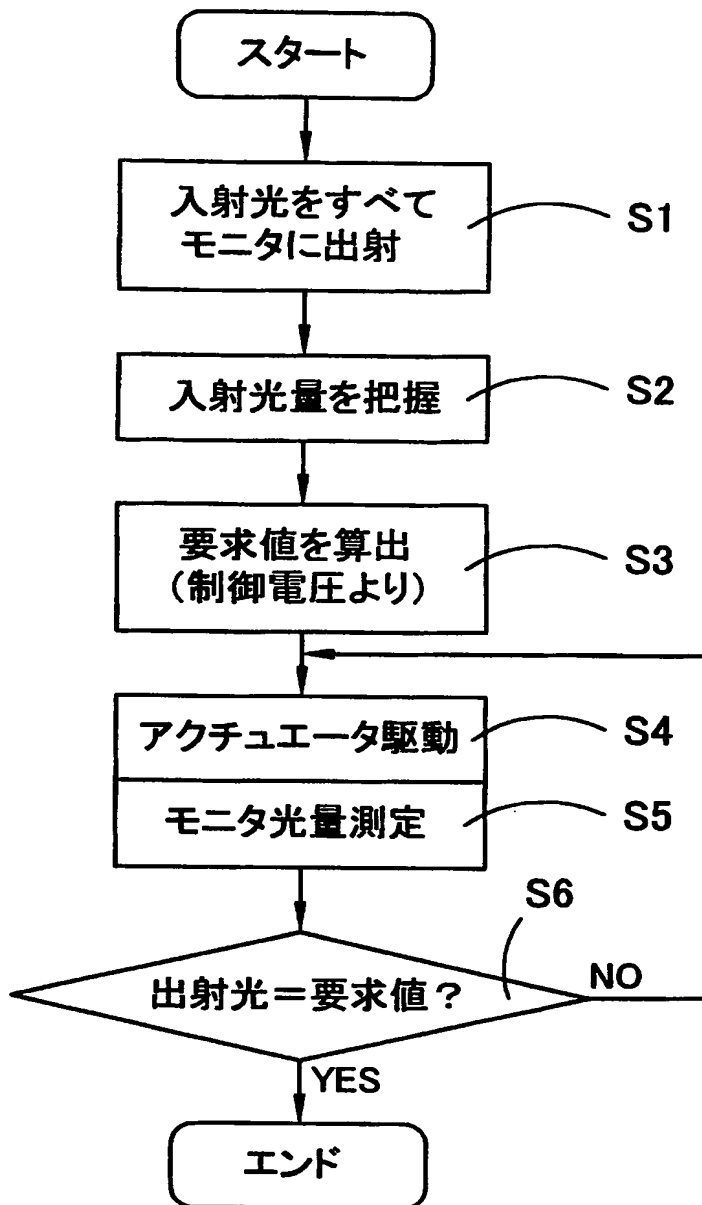
【図 18】



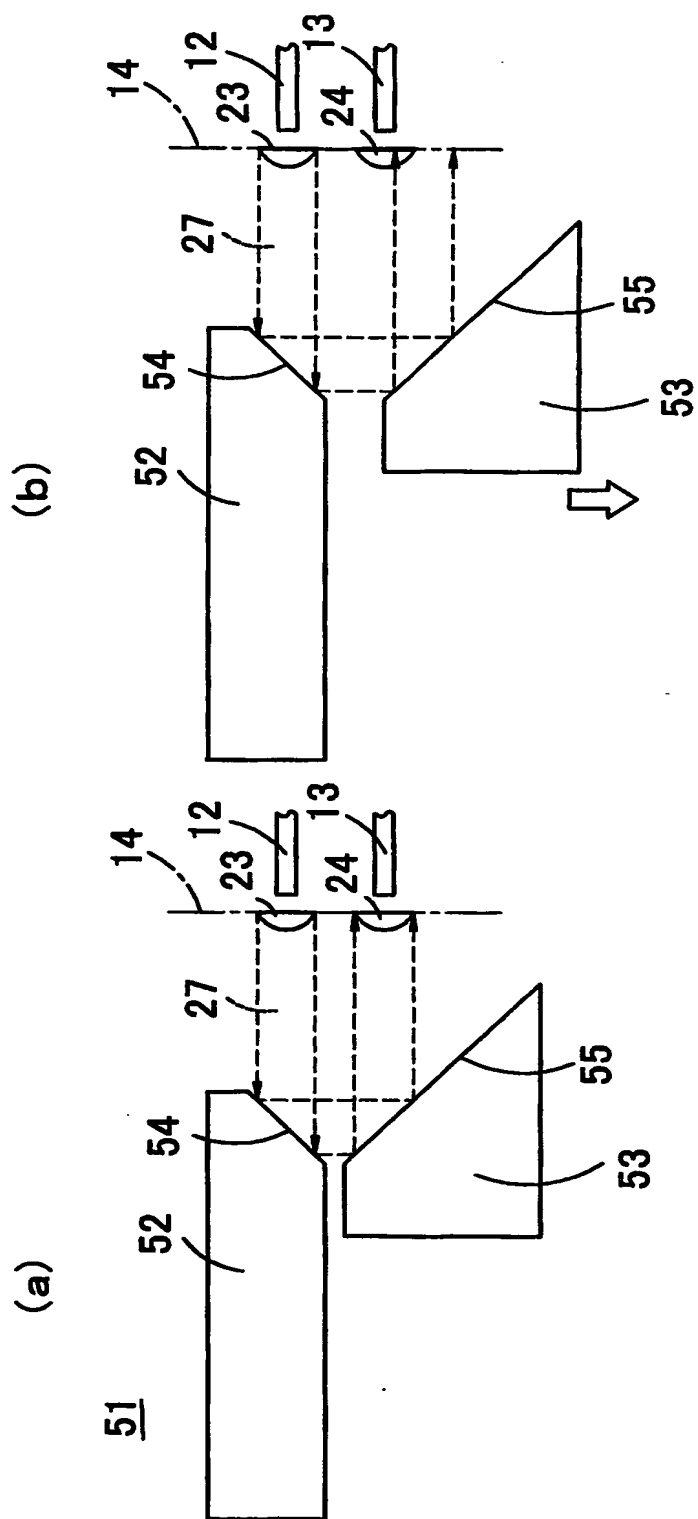
【図 19】



【図 20】

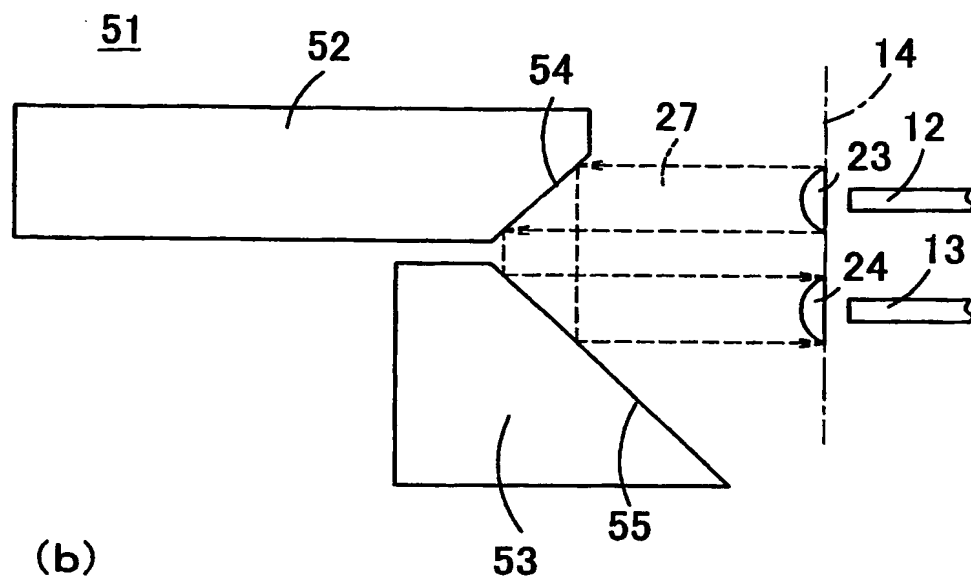


【図 21】

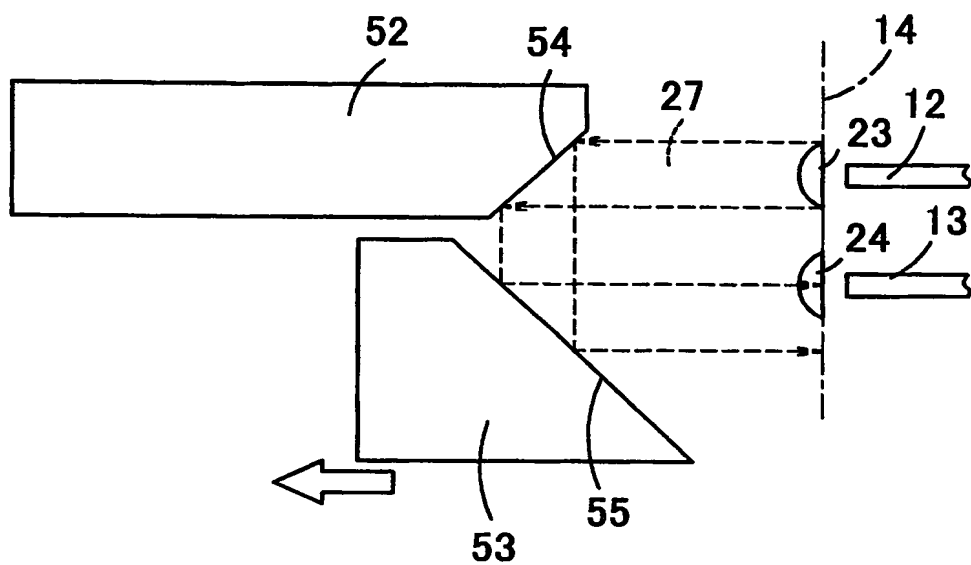


【図 22】

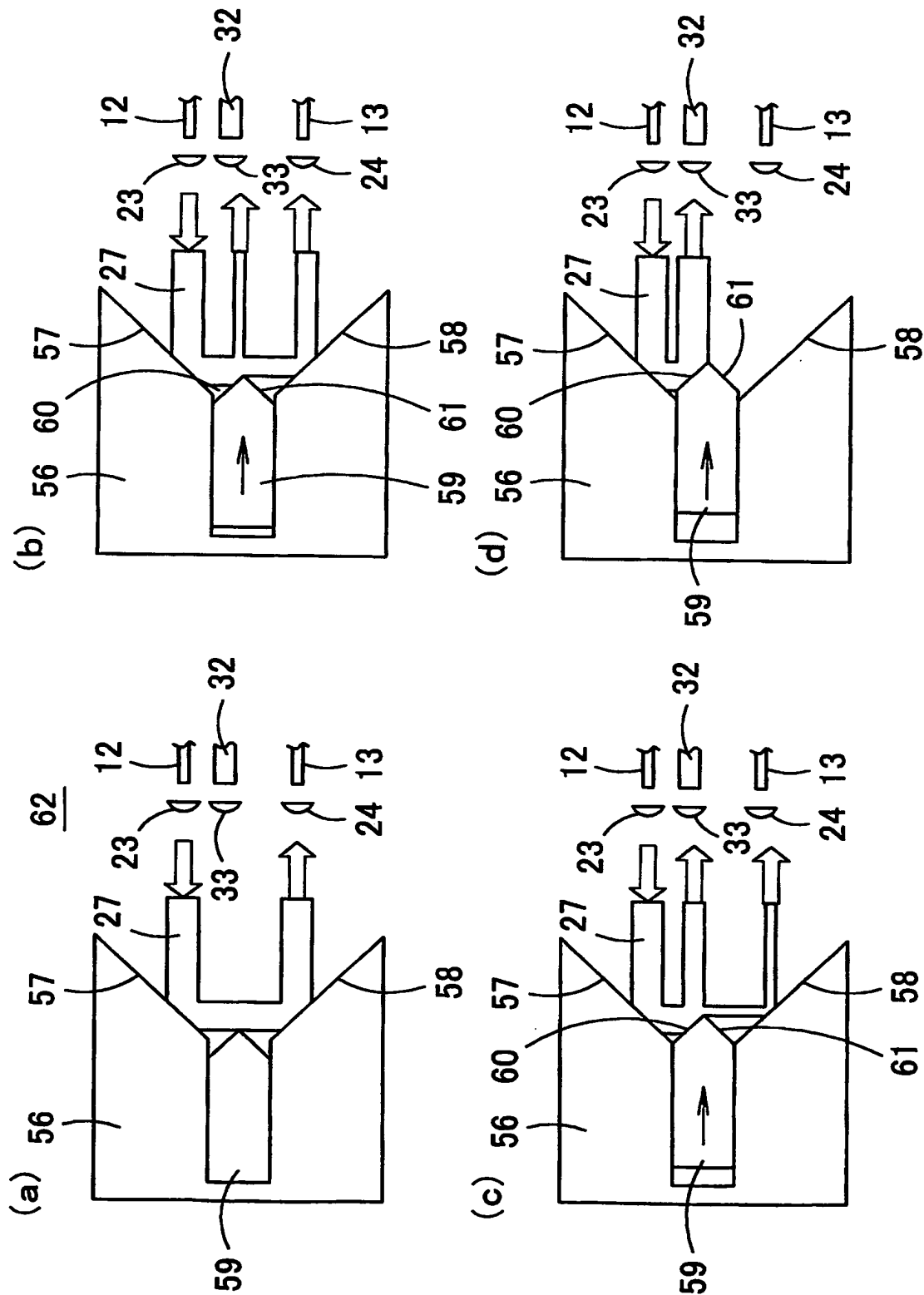
(a)



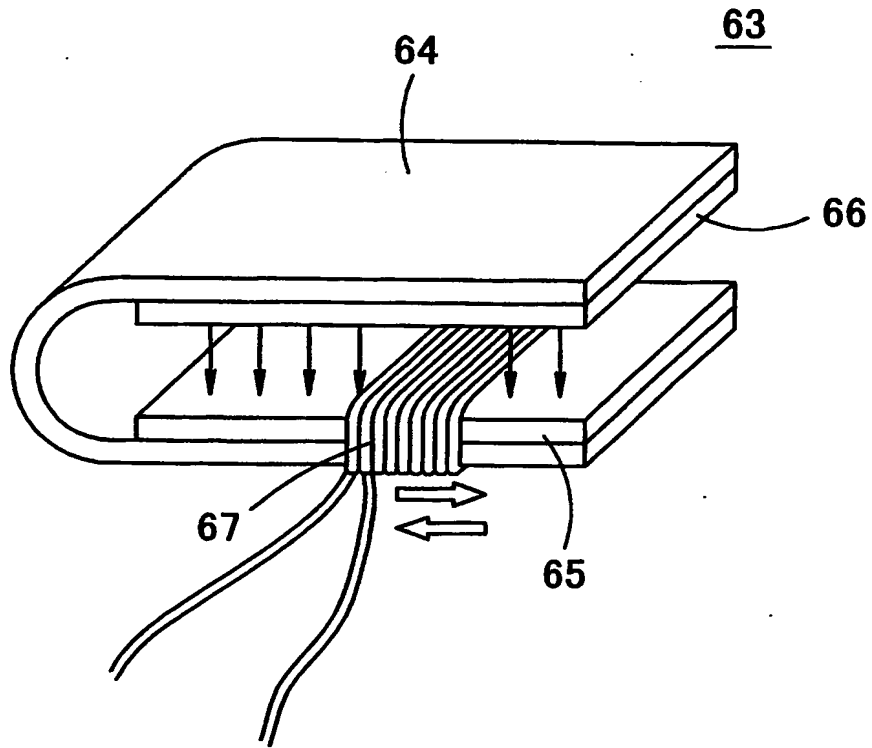
(b)



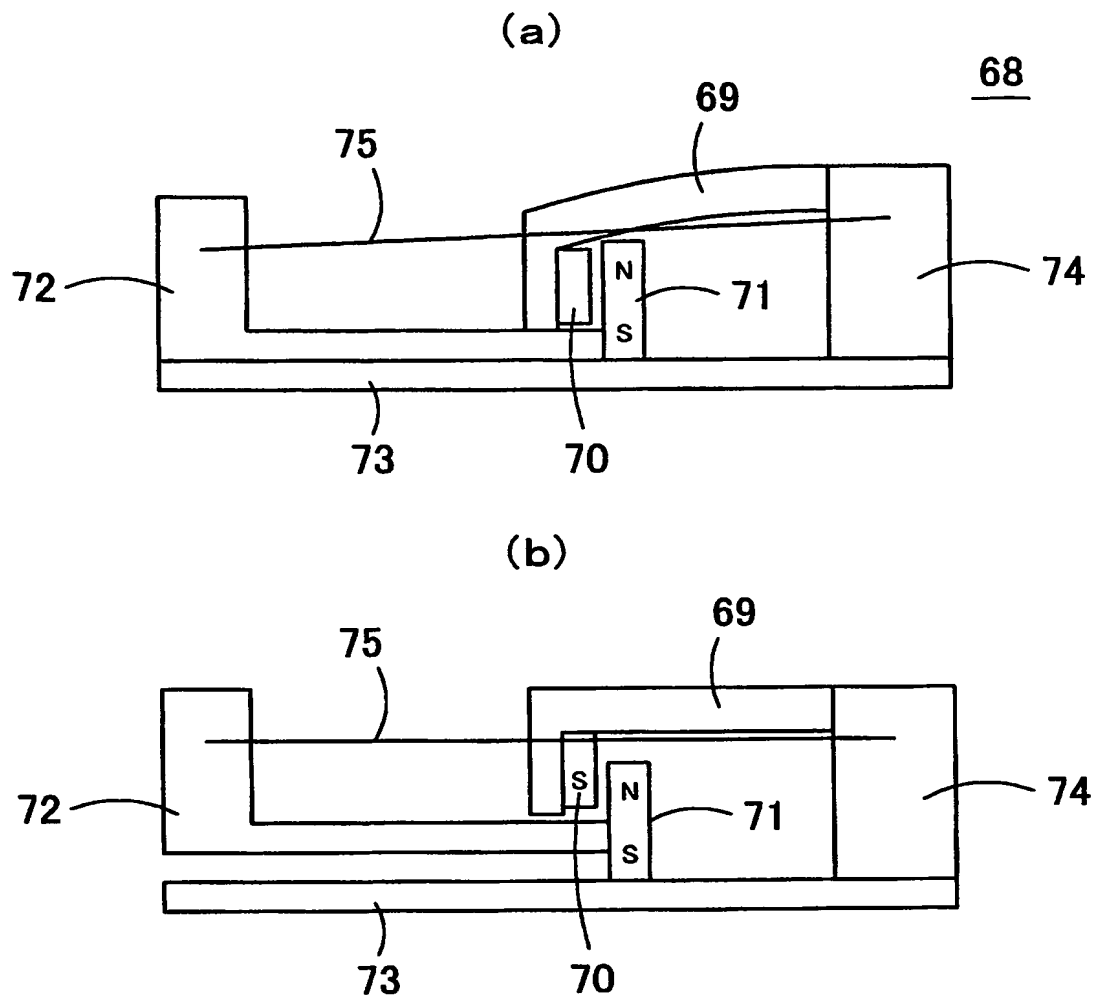
【図23】



【図 24】

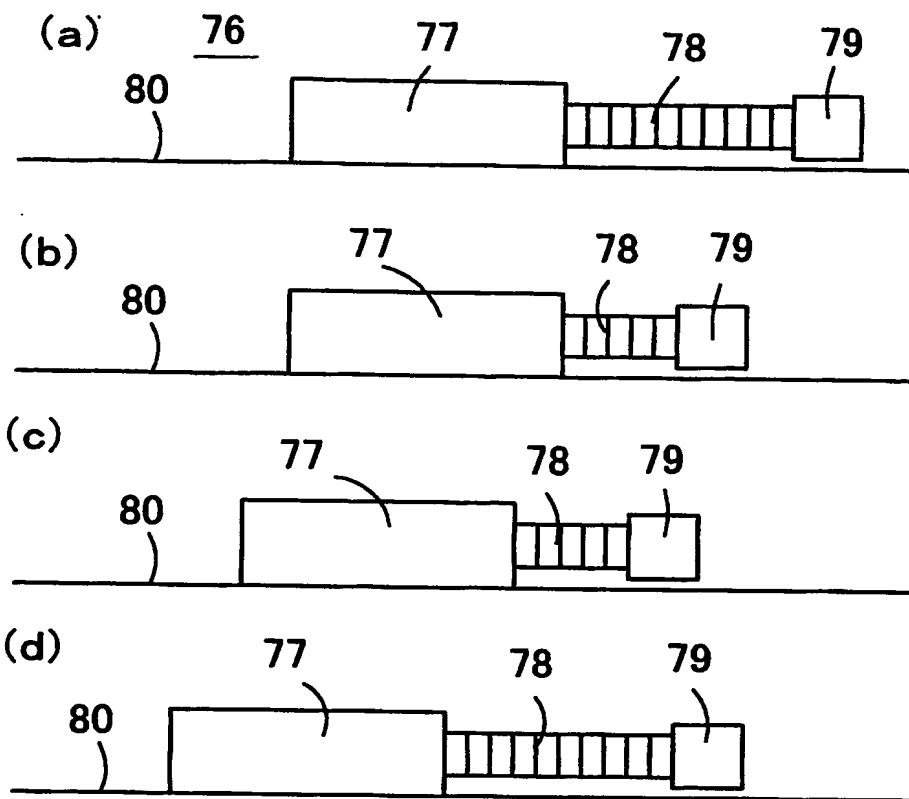


【図 25】

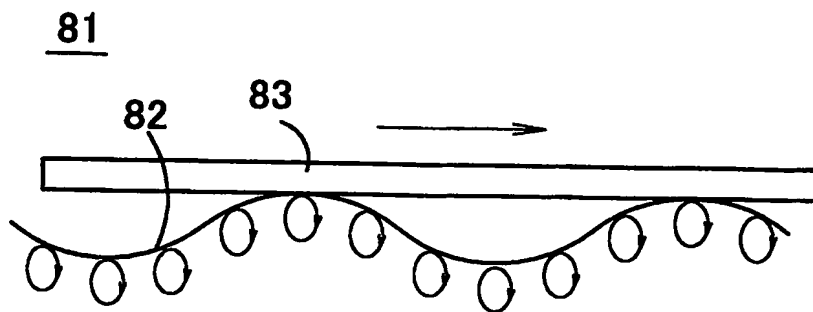




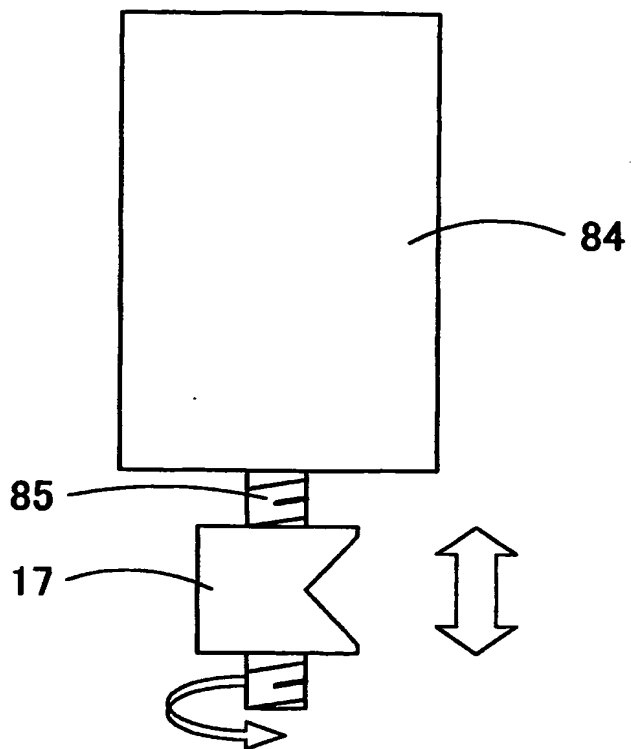
【図 26】



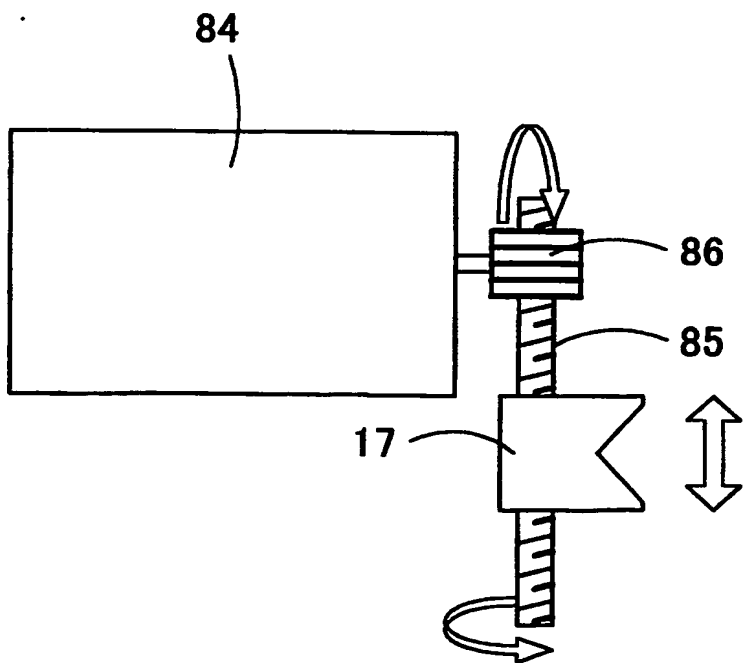
【図 27】



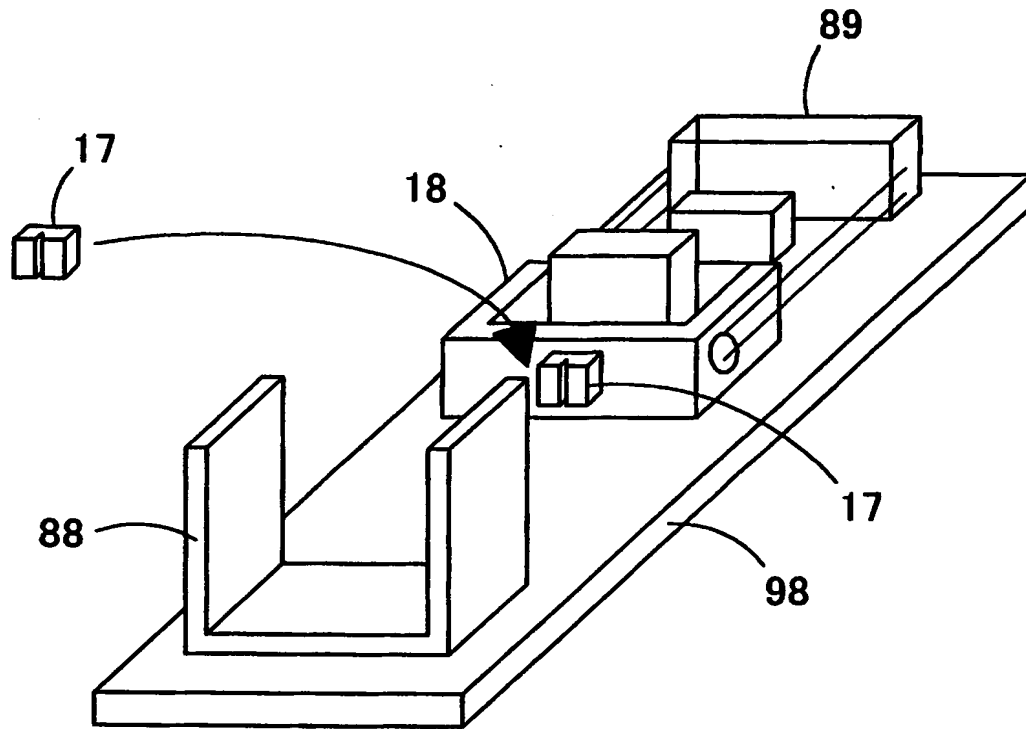
【図 28】



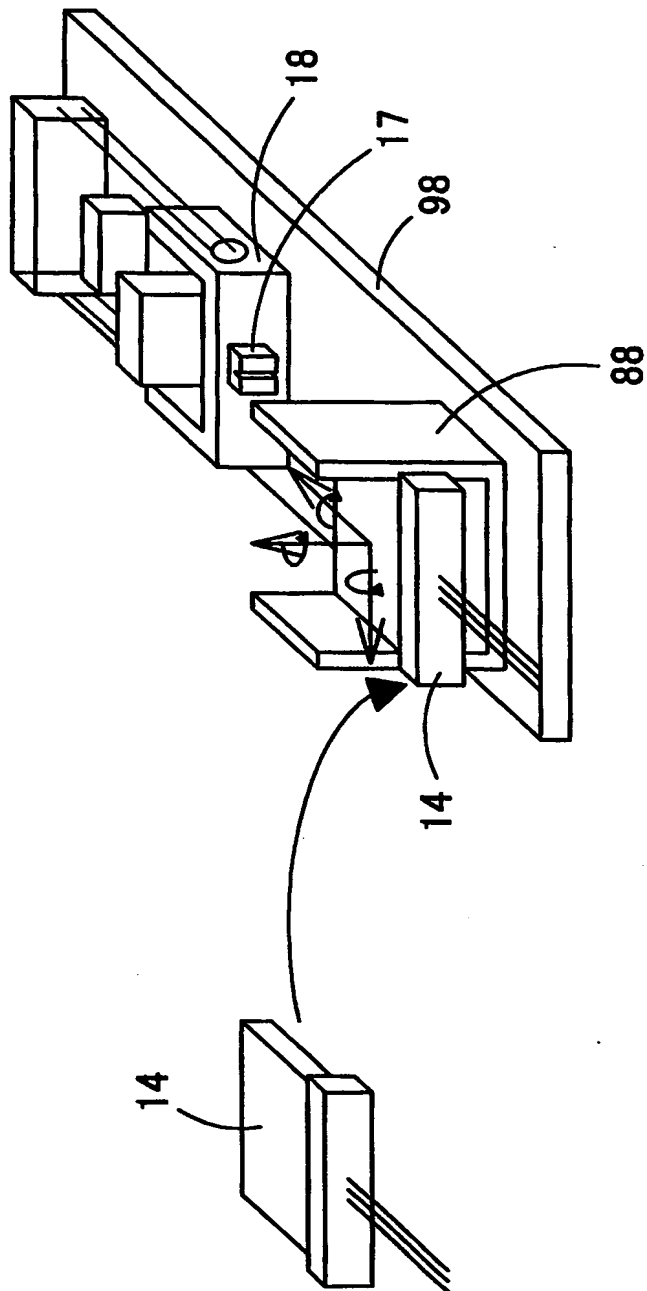
【図 29】



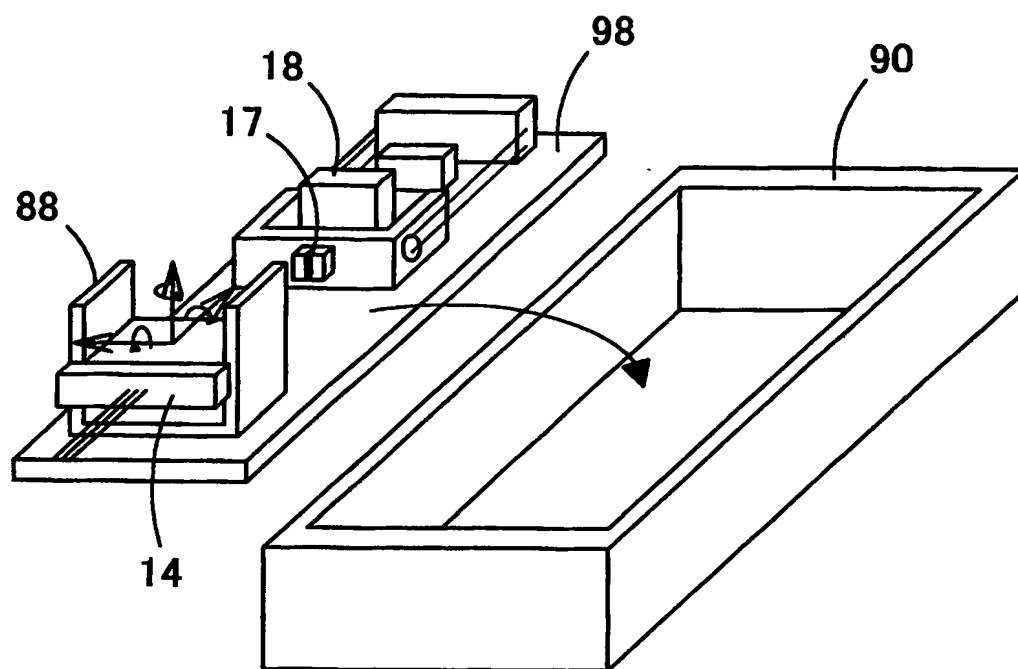
【図 30】



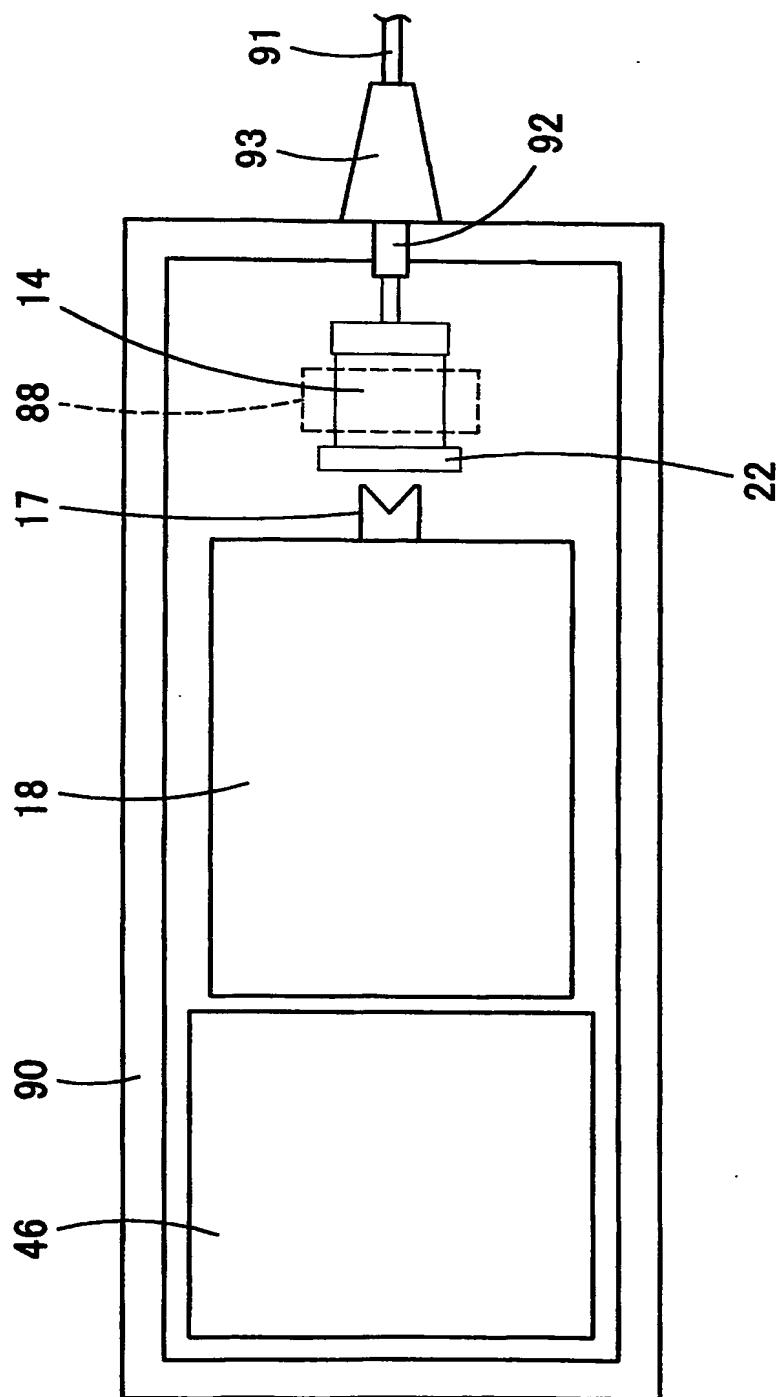
【図 31】



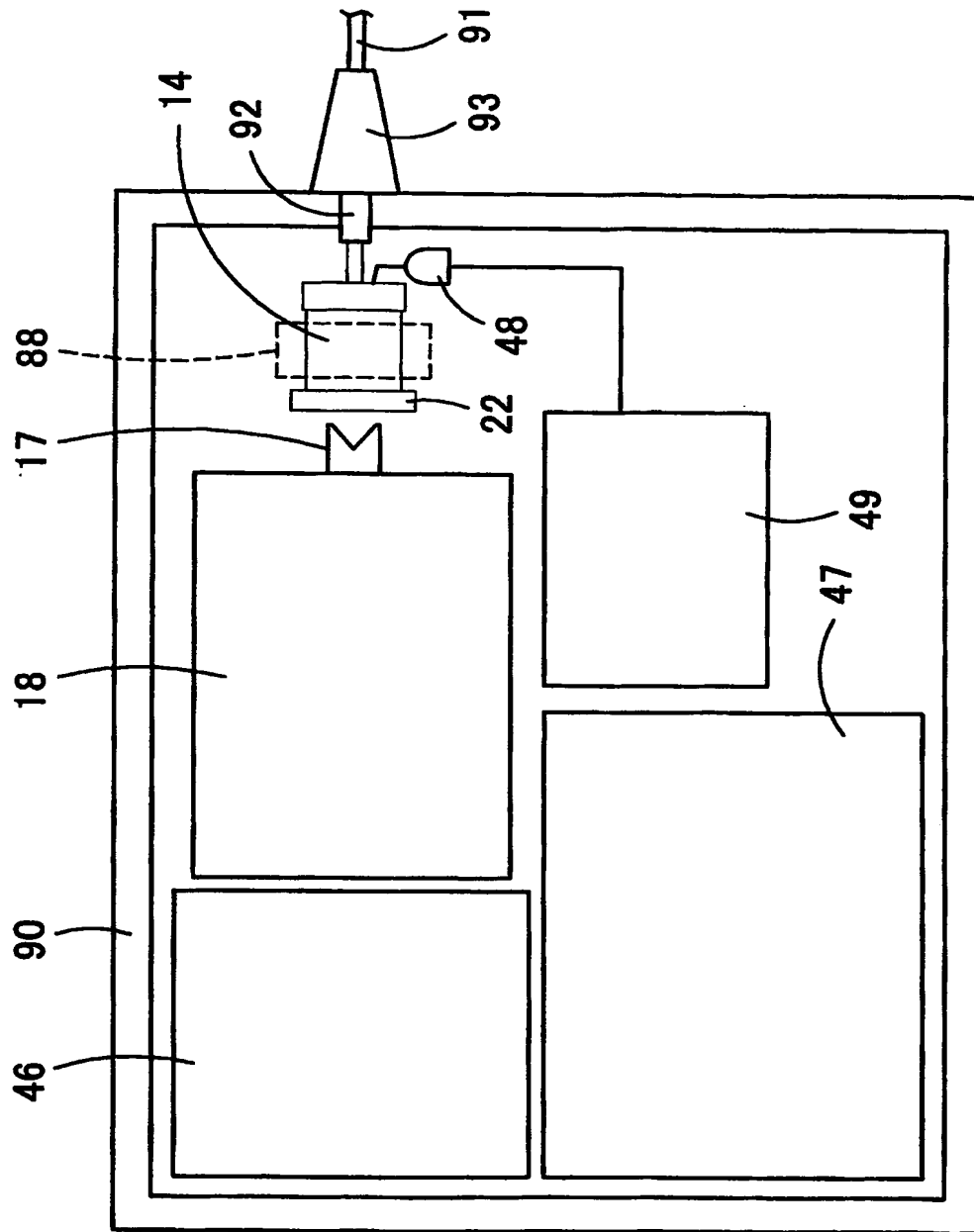
【図 32】



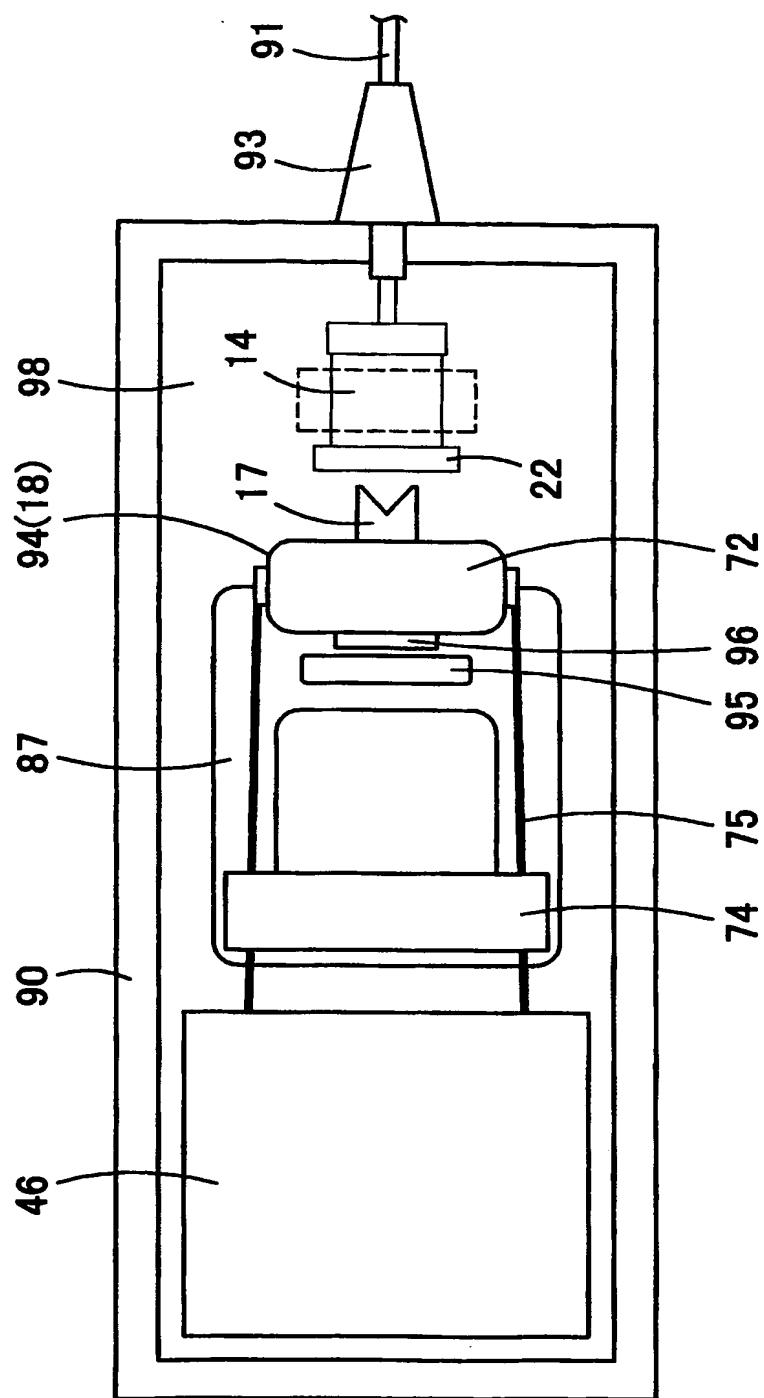
【図 33】



【図 34】

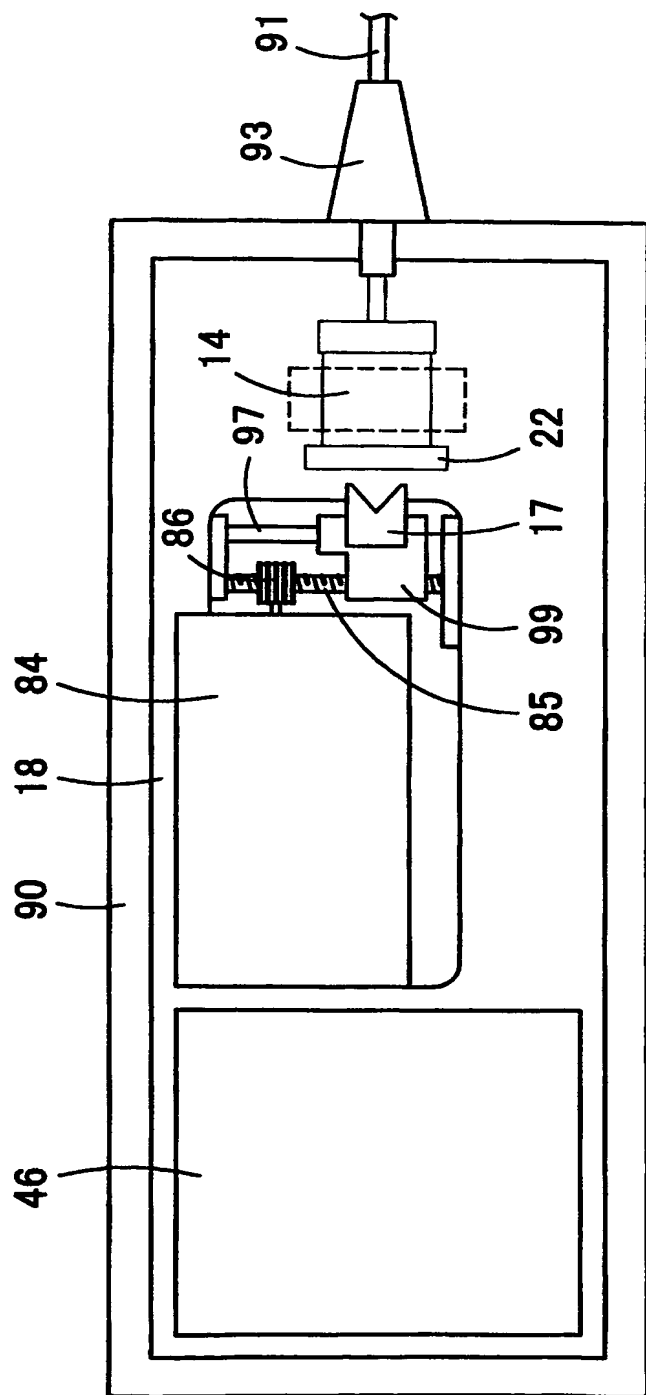


【図 35】

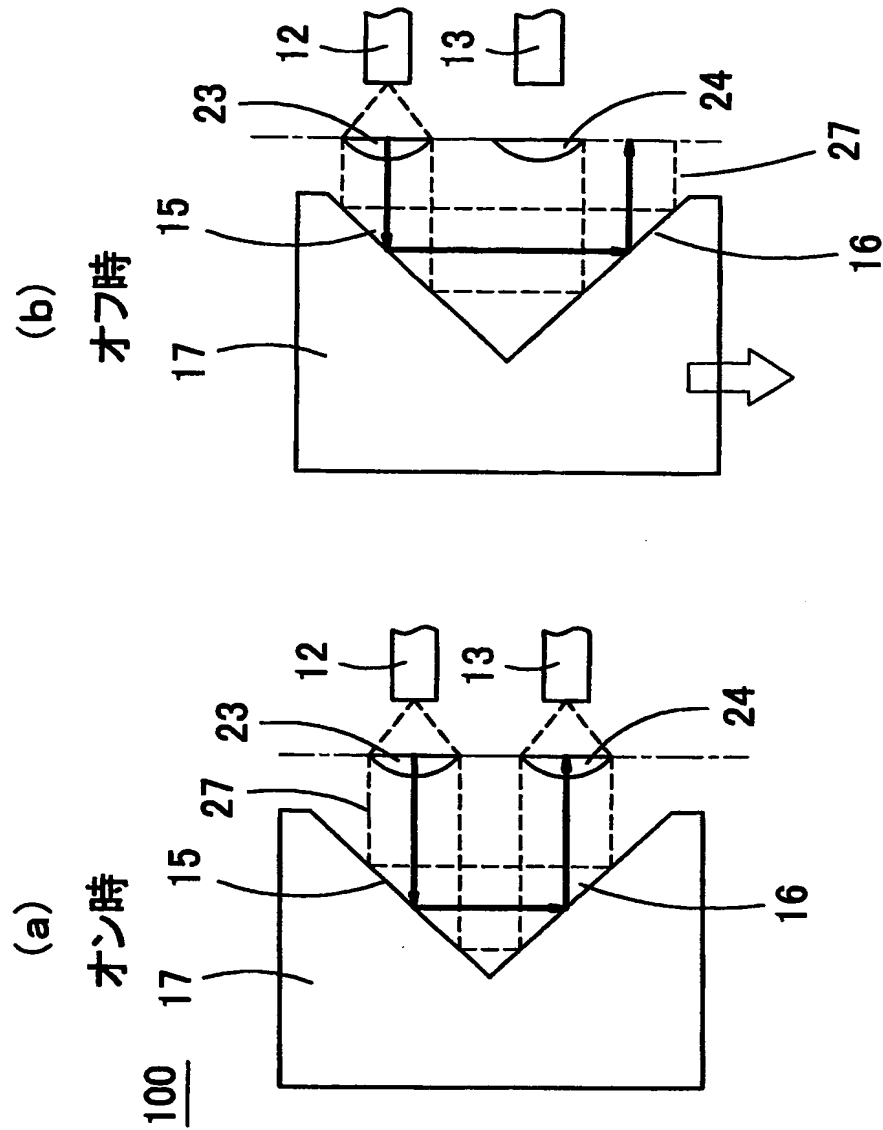




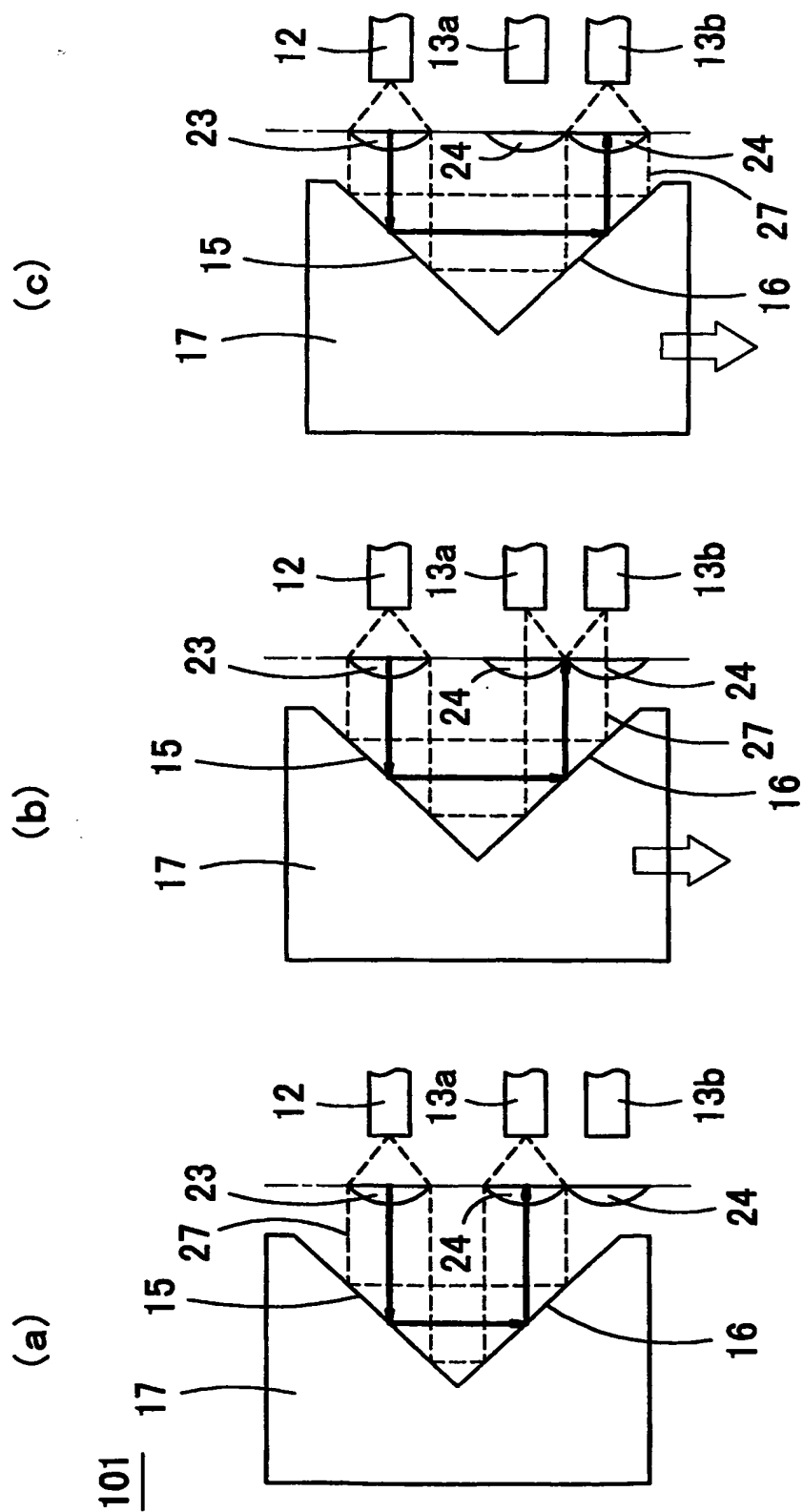
【図 36】



【図37】

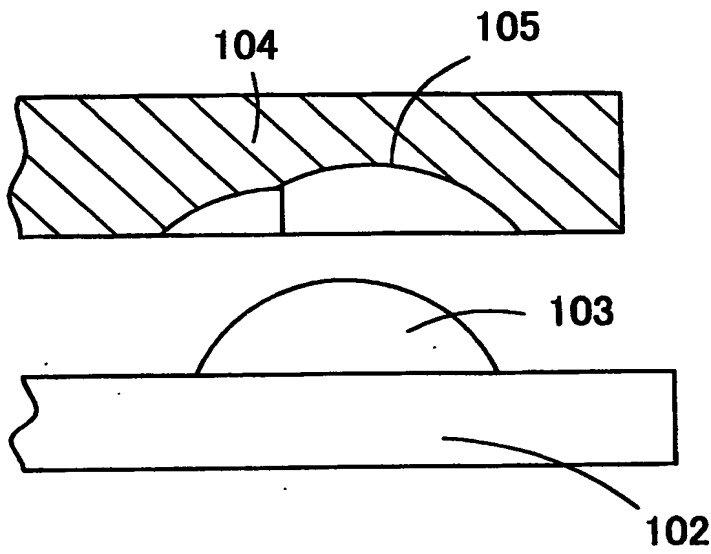


【図 38】

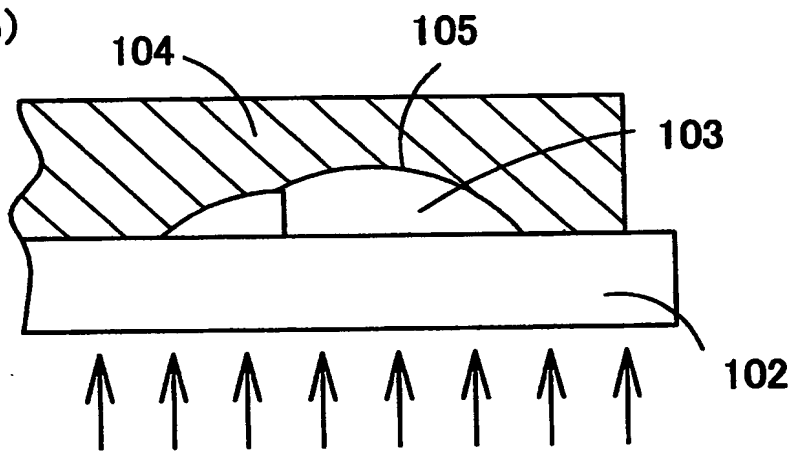


【図 39】

(a)

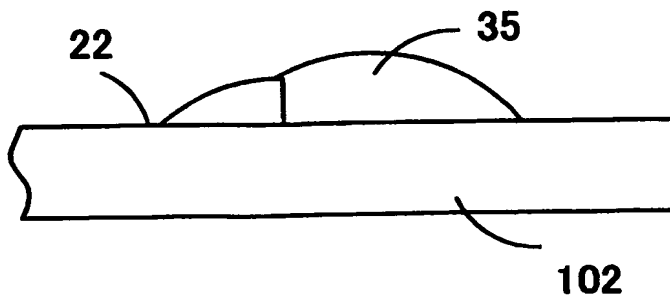


(b)



紫外線

(c)



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 小型化が可能で、精度良く光減衰量を制御することができる可変光減衰器を提供する。

【解決手段】 ミラー部材 17 の前面には、90度の角度をなす 2 つのミラー 15、16 が形成されている。ファイバアレイ 14 には、入力用光ファイバ 12 及び出力用光ファイバ 13 が所定の間隔を置いて保持されており、入力用光ファイバ 12 及び出力用光ファイバ 13 の端面に対向するようにして、ファイバアレイ 14 の前面にそれぞれ出射レンズ 23 と入射レンズ 24 が設けられている。ミラー部材 17 は、アクチュエータ 18 により直線状に動かされ、それによって光減衰量が変化させられる。

【選択図】 図 2

特願 2002, - 204727

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000002945]

1. 変更年月日

2000年 8月11日

[変更理由]

住所変更

住 所

京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町801番地

氏 名

オムロン株式会社